JREEC

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY, ELECTRONICS AND CONTROL

homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

Prototype Alat Monitoring pH Tempoyak Berbasis Mikrokontroller

Aryasatya Kohari, Yulian Mirza, Alan Novi Tompunu, dan Marta Tika Handayani

Jurusan Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya 12,3, Jurusan Rekayasa Teknologi dan Bisnis Pertanian Politeknik Negeri Sriwijaya 4

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 05 Nomer 01, April 2025

Halaman:
33 – 40
Tanggal Terbit :
30 April 2025

DOI:
10.31284/j.JREEC.2025.v51i1.04

EMAIL

arsyakohari@gmail.com
alan_nt@polsri.ac.id
marta.tika.handayani@polsri.ac.id

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC by Department of Elecreical Engineering is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRACT

Monitoring pH in the tempoyak fermentation process is essential to ensure the quality and safety of the final product. Uncontrolled pH values can affect the success of fermentation and produce poor-quality tempoyak. This research aims to design and develop a prototype of a microcontroller-based tempoyak pH monitoring device. It uses a pH sensor to measure the acidity level of tempoyak during the fermentation process, which is then processed and displayed on an LCD screen. Arduino microcontrollers are used as data processors that can also provide alerts in the form of alarms if the pH value is outside the desired range. The test results show that this tool is able to provide accurate and real-time pH measurement results. With the use of microcontrollers, this tool can make it easier to monitor pH automatically and efficiently, and provide convenience for tempoyak manufacturers in maintaining product quality

Kata kunci: *Prototype,monitoring, pH, tempoyak, microcontroller*

ABSTRAK

Pemantauan pH dalam proses fermentasi tempoyak sangat penting untuk memastikan kualitas dan keamanan produk akhir. Nilai pH yang tidak terkontrol dapat mempengaruhi keberhasilan fermentasi dan menghasilkan tempoyak dengan kualitas yang buruk. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah prototipe alat monitoring pH tempoyak berbasis mikrokontroler. Alat ini menggunakan sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman tempoyak selama proses fermentasi, yang kemudian data pH tersebut diproses dan ditampilkan pada layar LCD. Mikrokontroler Arduino digunakan sebagai pengolah data yang juga dapat memberikan peringatan berupa alarm jika nilai pH berada di luar rentang yang diinginkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu memberikan hasil pengukuran pH secara akurat dan real-time. Dengan penggunaan mikrokontroler, alat ini dapat mempermudah pemantauan pH secara otomatis dan efisien, serta memberikan kemudahan bagi produsen tempoyak dalam menjaga kualitas produk

Kata kunci: *Prototype, monitoring, pH, tempoyak, mikrokontroller*

PENDAHULUAN

Tempoyak adalah produk olahan fermentasi durian yang memiliki potensi gizi yang tinggi, namun kualitas dan keamanannya sangat dipengaruhi oleh proses fermentasi, yang salah satu faktor kritisnya adalah nilai pH. Proses fermentasi yang tidak terkontrol dapat menyebabkan perubahan rasa, tekstur, serta potensi pertumbuhan mikroorganisme patogen yang membahayakan kesehatan

[1]. Dalam konteks ini, pemantauan pH selama fermentasi menjadi krusial untuk menjaga kualitas tempoyak yang dihasilkan [2].

Monitoring pH dalam pembuatan tempoyak sangat penting karena pH berperan langsung dalam proses fermentasi. Selama fermentasi, pH akan menurun akibat aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri asam laktat yang memfermentasi karbohidrat dalam durian menjadi asam. Jika pH terlalu rendah (terlalu asam), dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang bermanfaat, sehingga kualitas tempoyak dapat menurun dan menyebabkan rasa yang terlalu asam atau bahkan rusak. Sebaliknya, jika pH terlalu tinggi, bakteri patogen dapat tumbuh, yang berisiko menurunkan kualitas dan menyebabkan bahaya kesehatan bagi konsumen [3]. Oleh karena itu, pemantauan pH secara berkala dan tepat sangat penting untuk menjaga keseimbangan tersebut dan memastikan bahwa tempoyak yang dihasilkan aman untuk dikonsumsi dan memiliki rasa serta tekstur yang diinginkan.

Pada umumnya, masyarakat masih menggunakan cara konvensional untuk mengukur pH tempoyak, seperti mengandalkan indra penglihatan dan penciuman, serta menggunakan alat pengukur pH yang sederhana. Salah satu metode yang sering digunakan adalah dengan mengamati perubahan warna tempoyak yang dianggap sebagai indikator tingkat keasaman. Meskipun cara ini praktis, namun akurasinya sangat terbatas karena faktor subjektivitas yang bergantung pada pengalaman dan interpretasi individu [3]. Selain itu, masyarakat juga sering menggunakan kertas pH indikator (pH test paper) yang dapat memberikan gambaran umum tentang tingkat keasaman, namun juga kurang akurat dan sulit digunakan untuk pengukuran yang lebih presisi selama proses fermentasi berlangsung.

Namun, metode konvensional ini memiliki kelemahan dalam hal ketepatan, kecepatan, dan keterbatasan dalam mengukur pH secara berkelanjutan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang dapat memantau pH secara otomatis dan real-time dengan lebih praktis, salah satunya melalui penggunaan teknologi mikrokontroler.

Teknologi mikrokontroler telah banyak diterapkan dalam berbagai aplikasi monitoring berbasis sensor, salah satunya untuk memantau parameter pH dalam berbagai jenis fermentasi [4]. Mikrokontroler sebagai pengolah data sensor dapat memberikan kemudahan dalam pemantauan pH dengan akurasi yang lebih tinggi dan real-time, serta memungkinkan penyimpanan data untuk analisis lebih lanjut. Sistem berbasis mikrokontroler ini juga memungkinkan pengontrolan yang lebih baik dalam proses produksi tempoyak sehingga kualitas dan keamanannya terjaga dengan optimal [5].

Berdasarkan hal ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah prototype alat monitoring pH tempoyak berbasis mikrokontroler yang dapat mempermudah proses pengawasan kualitas tempoyak selama fermentasi serta meningkatkan akurasi pengukuran pH dalam waktu nyata.

TINJAUAN PUSTAKA

Mikrokontroler dalam Sistem Monitoring

Mikrokontroler adalah perangkat elektronik yang dapat diprogram untuk mengontrol sistem atau perangkat lainnya. Dalam konteks monitoring pH, mikrokontroler digunakan untuk mengatur dan memproses data yang diperoleh dari sensor pH dan kemudian menampilkan hasil pengukuran tersebut dalam format yang mudah dipahami oleh pengguna. Penggunaan mikrokontroler dalam alat monitoring pH memungkinkan sistem untuk bekerja secara otomatis, hemat biaya, dan fleksibel.

Menurut *Nugroho & Wahyudi (2019),* mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32 banyak digunakan dalam berbagai aplikasi pengukuran dan monitoring, karena kemudahan pemrograman dan kompatibilitas dengan berbagai sensor. Selain itu, mikrokontroler memungkinkan integrasi dengan komponen lain seperti layar LCD, alarm, dan sistem komunikasi untuk melaporkan hasil pengukuran secara langsung [6].

Sensor pH dan Pengukuran pH dalam Produk Fermentasi

Sensor pH adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau alkalinitas suatu cairan. Sensor pH bekerja berdasarkan prinsip pengukuran potensi listrik antara elektroda referensi dan elektroda pH yang terendam dalam sampel cairan. Nilai pH yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi angka yang dapat dibaca oleh sistem mikrokontroler.

Dalam konteks produk fermentasi, sensor pH dapat digunakan untuk memantau perubahan pH secara real-time. *Sarac & Toker (2017)* menjelaskan bahwa dalam produk fermentasi yang mengandung bakteri asam laktat, pH akan menurun seiring dengan berjalannya waktu, karena mikroorganisme tersebut menghasilkan asam laktat [7]. Oleh karena itu, alat monitoring pH yang akurat dan responsif terhadap perubahan pH sangat dibutuhkan untuk memastikan proses fermentasi berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

Sistem Monitoring pH Berbasis Mikrokontroler

Sistem monitoring pH berbasis mikrokontroler telah banyak diterapkan dalam berbagai aplikasi industri dan penelitian. Beberapa contoh sistem monitoring pH menggunakan mikrokontroler adalah pada pemantauan kualitas air, proses fermentasi, serta dalam sistem hidroponik. Sistem monitoring pH berbasis mikrokontroler untuk memantau kualitas air yang digunakan dalam proses pertanian hidroponik [8]. Sistem ini mampu memberikan pembaruan data pH secara otomatis dan real-time kepada pengguna.

Di sisi lain, sistem monitoring pH yang terintegrasi dengan mikrokontroler juga memungkinkan untuk mengirimkan data secara nirkabel melalui modul komunikasi seperti WiFi atau Bluetooth. Hal ini sangat berguna dalam aplikasi yang membutuhkan pemantauan jarak jauh. Mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan sensor pH untuk memonitor kualitas air di akuarium, yang memungkinkan data pH dikirimkan secara langsung ke aplikasi smartphone [9].

Keunggulan dan Tantangan dalam Implementasi Alat Monitoring pH Berbasis Mikrokontroler

Keunggulan dari penggunaan mikrokontroler dalam alat monitoring pH adalah kemudahan dalam pemrograman, biaya yang relatif rendah, serta fleksibilitas dalam integrasi dengan berbagai komponen pendukung seperti sensor dan tampilan data. Selain itu, alat ini dapat diprogram untuk memberikan peringatan atau alarm jika nilai pH keluar dari batas yang diinginkan.

Namun demikian, terdapat beberapa tantangan dalam implementasi sistem ini. Salah satunya adalah ketepatan dan akurasi sensor pH yang digunakan. Sensor pH yang murah cenderung lebih rentan terhadap drift dan ketidakakuratan dalam pembacaan, terutama dalam lingkungan dengan variasi suhu dan komposisi kimia yang berubah-ubah, seperti dalam proses fermentasi tempoyak. Kalibrasi rutin terhadap sensor pH agar data yang dihasilkan tetap akurat dan dapat diandalkan [10].

Studi Terkait

Beberapa studi yang relevan mengenai sistem monitoring pH berbasis mikrokontroler telah dilakukan sebelumnya. Alat monitoring pH berbasis Arduino untuk memantau kualitas air di sungai [11]. Dalam penelitian ini, mereka menggunakan sensor pH analog yang terhubung langsung dengan mikrokontroler untuk memproses data dan menampilkan hasil pada layar LCD. Sementara itu, Sistem monitoring pH berbasis mikrokontroler dengan aplikasi Android untuk memantau kualitas air akuarium, yang juga menggunakan sensor pH digital [12].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, terlihat bahwa penggunaan mikrokontroler dalam alat monitoring pH sangat berpotensi untuk diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk dalam pemantauan pH produk fermentasi seperti tempoyak.

METODE

Perancangan Alat

Pada perancangan alat ini hal yang utama adalah merangkai semua komponen agar terhubung sesuai fungsi dan terhubung ke pin yang terdapat pada arduino itu sendiri. Pembuatan Alat dapat dilakukan beberapa tahap seperti:

1. Tahap Perakitan

Persiapkan semua komponen yang diperlukan untuk konstruksi alat ini, termasuk Arduino, Modul Sensor pH-4502c, *Probe* pH *Elektroda* E-201, LED RGB, dan modul LCD. Pastikan untuk menghubungkan komponen-komponen perangkat keras ini ke pin Arduino dengan benar. Sambungkan setiap komponen ke terminal GND (*ground*) dan VCC (*voltage supply*) pada PCB untuk memastikan semua komponen terkoneksi dengan baik.

2. Tahap Pemrograman

Setelah semua komponen terhubung, tahap berikutnya adalah pemrograman menggunakan perangkat lunak Arduino. Pastikan Anda telah mengunduh *library* yang diperlukan untuk modul RFID dan

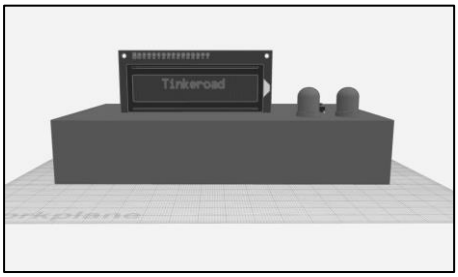
komponen lainnya yang digunakan dalam alat ini. Setelah program selesai ditulis, sambungkan Arduino ke komputer melalui kabel USB. Pilih *board* Arduino yang sesuai dan *port* serial yang digunakan dalam Arduino IDE. Kemudian, *upload* program ke Arduino.

3. Tahap Pengujian

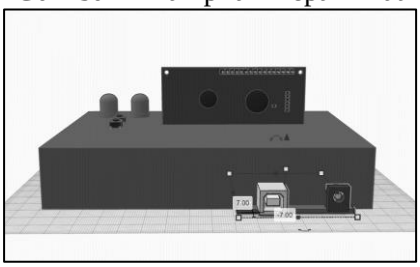
Lakukan beberapa skenario pengujian, seperti melakukan kalibrasi pada sensor pH dengan menggunakan bubuk pH *Buffer* yang telah diketahui nilai pH-nya, sehingga membantu memastikan bahwa sensor pH memberikan hasil pengukuran yang akurat dan konsisten.

Perancangan Mekanik

Berikut adalah desain awal dari Rancang Bangun alat *Monitoring* pH pada fermentasi tempoyak berbasis Mikrokontroler yang penulis inginkan. Terdapat 2 buah tempat, yaitu tempat pertama berupa kotak berisi MikrokontrolerArduino, Modul Sensor pH-4502c, LED RGB, dan modul LCD. Sedangkan tempat kedua berisikan *Probe* pH *Elektroda* E-201 yang akan kontak fisik dengan tempoyak.

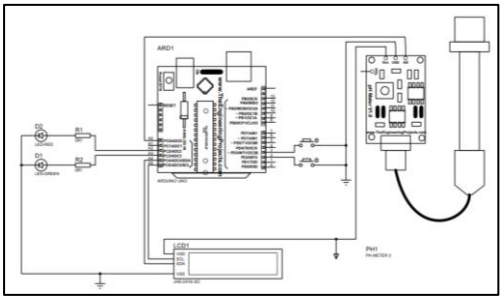


Gambar 1 Tampilan Depan Alat



Gambar 2 Tampilan Belakang Alat

Skema Rangkaian Alat



Schematic Rangkaian *Monitoring* pH

Penjelasan :

- Koneksi dari Arduino Uno:
  1. 5V: Terhubung ke VCC dari modul I2C LCD dan TS-300B.
  2. GND: Terhubung ke GND dari modul I2C LCD, TS-300B, dan juga ke resistor yang menghubungkan LED1 dan LED2.
  3. A0: Terhubung ke pin IR pada TS-300B
  4. A1: Tidak terhubung.
  5. A2: Terhubung ke kaki positif dari LED2 melalui resistor 100Ω.
  6. A3: Terhubung ke kaki positif dari LED1 melalui resistor 100Ω.
  7. A4 (SDA): Terhubung ke pin SDA pada modul I2C LCD.
  8. A5 (SCL): Terhubung ke pin SCL pada modul I2C LCD.

9. D2: Terhubung ke switch S1.
10. D3 (PWM): Terhubung ke switch S2.
11. D4 hingga D13: Tidak terhubung.

- Koneksi LED:
  a. LED1 (Green):
     1. Anoda (positif) terhubung ke A3 melalui resistor 100Ω .
     2. Katoda (negatif) terhubung ke GND.
  b. LED2 (Red):
     1. Anoda (positif) terhubung ke A2 melalui resistor 100Ω.
     2. Katoda (negatif) terhubung ke GND.
- Koneksi TS-300B:
     1. IR: Terhubung ke pin A0.
     2. VCC: Terhubung ke 5V dari Arduino.
     3. GND: Terhubung ke GND dari Arduino.
- Koneksi Modul I2C LCD:
     1. VCC: Terhubung ke 5V dari Arduino.
     2. GND: Terhubung ke GND dari Arduino.
     3. SDA: Terhubung ke pin A4 pada Arduino.
     4. SCL: Terhubung ke pin A5 pada Arduino.

- Koneksi Switch:
     1. S1: Terhubung ke pin D2 pada Arduino.
     2. S2: Terhubung ke pin D3 (PWM) pada Arduino.

3.3.5 Flowchart

Proses dimulai dengan langkah awal inisialisasi perangkat. Pada tahap ini, sistem akan mengatur perangkat keras dan lunak yang diperlukan agar siap untuk digunakan. Selanjutnya, sensor pH-4502c akan mulai mendeteksi nilai pH. Jika sensor tidak dapat mendeteksi pH, maka pengguna perlu melakukan reset pada Arduino atau menyalakan ulang alat. Setelah itu, proses kembali ke tahap inisialisasi perangkat untuk mencoba mendeteksi pH lagi.

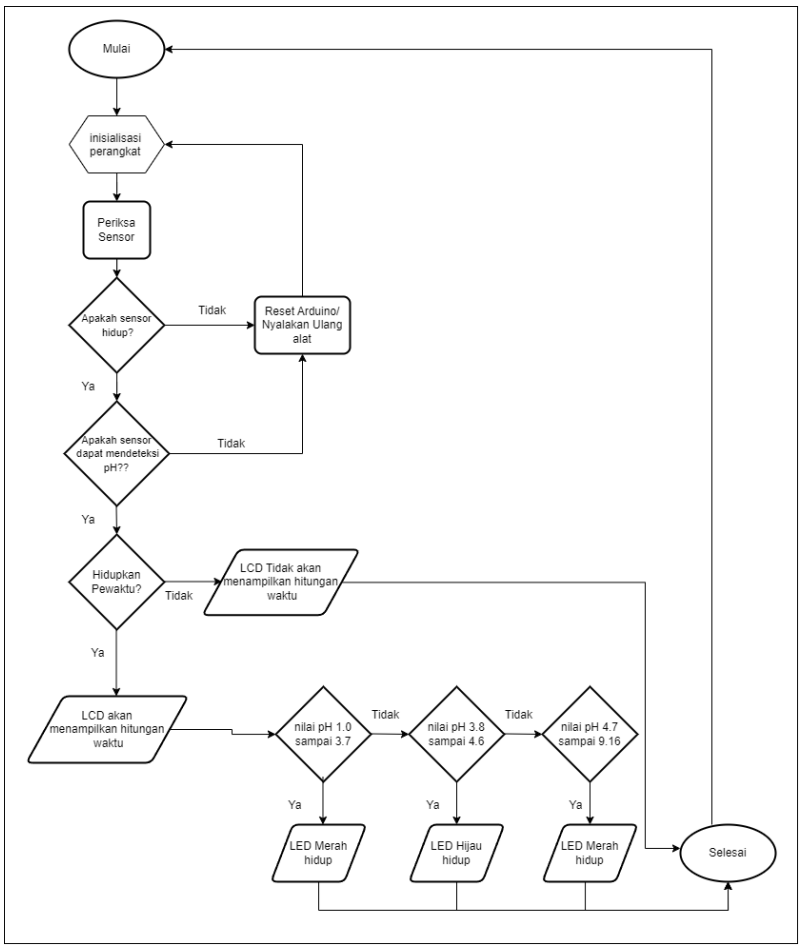
Jika sensor berhasil mendeteksi nilai pH, layar LCD akan menampilkan nilai pH yang terdeteksi beserta waktu. Kemudian, pengguna akan diberikan pilihan untuk menghidupkan pewaktu. Jika pengguna memilih untuk tidak menghidupkan pewaktu, maka LCD tidak akan menampilkan hitungan waktu dan proses berakhir.

Jika pengguna memilih untuk menghidupkan pewaktu, hitungan waktu akan ditampilkan pada LCD. Selanjutnya, sistem akan memeriksa rentang nilai pH yang terdeteksi:

1. Jika nilai pH berada di antara 1.0 hingga 3.7, LED merah akan hidup, menunjukkan bahwa pH tempoyak tidak memenuhi kriteria.
2. Jika nilai pH berada di antara 3.8 hingga 4.6, LED hijau akan hidup, menunjukkan bahwa pH tempoyak memenuhi kriteria.
3. Jika nilai pH berada di antara 4.7 hingga 9.16, LED merah akan hidup, menunjukkan bahwa pH tempoyak tidak memenuhi kriteria.

Setelah LED menyala sesuai dengan nilai pH yang terdeteksi, proses selesai.

Flowchart dapat dilihar pada **Gambar 3.**



Gambar 3. *Flowchart Monitoring* pH

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *Monitoring* pH Pada Fermentasi Tempoyak

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memonitor perubahan kadar pH tempoyak yang baru dibuat dari daging durian selama beberapa hari hingga menjadi tempoyak.

Tabel 1. Monitoring pH pada fermentasi tempoyak durian Kayu Agung.

Hari ke-	Tanggal	Kadar pH
1	30 Juli 2024	5.72
2	31 Juli 2024	5.17
3	01 Juli 2024	4.94
4	02 Juli 2024	4.87
5	03 Juli 2024	4.62

6	04 Juli 2024	4.56
7	05 Juli 2024	4.44

Tabel 2. Monitoring pH pada fermentasi tempoyak durian Tanjung Enim.

Hari ke-	Tanggal	Kadar pH
1	30 Juli 2024	5.56
2	31 Juli 2024	5.02
3	01 Juli 2024	4.79
4	02 Juli 2024	4.74
5	03 Juli 2024	4.58
6	04 Juli 2024	4.24
7	05 Juli 2024	4.14

Berdasarkan data dari **tabel 1**, terlihat perubahan pH selama fermentasi tempoyak durian di Kayu Agung. pH yang menurun dari hari ke hari mengindikasikan bahwa proses fermentasi sedang berlangsung. Pada hari ke-5, yaitu tanggal 03 Agustus 2024, pH tempoyak durian mencapai nilai 4.62. Hal ini menandai awal masuknya pH tempoyak durian di Kayu Agung ke dalam rentang standar yang diinginkan, yaitu antara 3,5 hingga 4,8. Perubahan ini menunjukkan bahwa fermentasi tempoyak durian di lokasi tersebut telah mencapai kondisi yang sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan pada hari tersebut.

Berdasarkan data dari **tabel 2** tersebut, terlihat perubahan pH selama proses fermentasi tempoyak durian di Tanjung Enim. Dimulai dari nilai pH 5.56 pada hari pertama, pH secara bertahap menurun hingga mencapai 4.14 pada hari ketujuh. Penurunan ini menandakan bahwa fermentasi berlangsung dengan baik, di mana mikroorganisme menghasilkan asam sehingga pH tempoyak menjadi lebih rendah dari hari ke hari. Pada hari ke-3 (01 Agustus 2024), tercatat bahwa nilai pH tempoyak durian di Tanjung Enim mencapai 4.74. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi telah mencapai kondisi yang sesuai dengan standar yang diinginkan.

Berdasarkan data dari **Tabel 1** dan **Tabel 2**, pH pada tempoyak terus menurun setiap hari secara linear. Jika tempoyak terus dibiarkan berfermentasi pada suhu ruang lebih dari 14 hari, dapat menyebabkan nilai pH pada tempoyak berubah menjadi ±1-2. Sehingga hal ini dapat membuat tempoyak berubah menjadi alkohol.

KESIMPULAN

Prototype alat monitoring pH tempoyak berbasis mikrokontroller dapat mengukur penurunan pH pada tempoyak sehingga akan memudahkan dalam memantau pH tempoyak.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Purnomo, H., Setiawati, L., & Kusnadi, D. (2021). *Pemantauan Proses Fermentasi dan Kualitas Tempoyak*. Jurnal Teknologi Pangan, 10(3), 140-148.

[2] Sutrisno, A., Wahyuni, E., & Joko, B. (2018). *Pengaruh pH terhadap Kualitas Tempoyak Fermentasi Durian*. Jurnal Mikrobiologi Pangan, 25(2), 96-103.

[3] Sembiring, D., & Siregar, R. (2020). *Evaluasi Pengukuran pH pada Produk Fermentasi dengan Metode Manual dan Digital*. Jurnal Teknik Elektronika, 8(1), 45-52.

[4] Yusuf, R., & Dewi, L. (2022). *Penggunaan Mikrokontroler dalam Sistem Monitoring pH pada Proses Fermentasi*. Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi, 14(1), 76-83.

[5] Santoso, T., Prasetyo, H., & Dewanto, S. (2019). *Desain Sistem Monitoring pH Berbasis Mikrokontroler untuk Proses Industri Fermentasi*. Jurnal Teknik Industri, 20(4), 213-220.

[6] Nugroho, E., & Wahyudi, B. (2019). *Implementasi Mikrokontroler Arduino untuk Monitoring pH pada Proses Fermentasi* (Tesis). Universitas Diponegoro, Semarang.

[7] Sarac, M., & Toker, O. (2017). pH and its significance in fermented food products. *Journal of Food Science and Technology, 54*(5), 1111-1120 https://doi.org/10.1007/s11483-017-0027-9

[8] Setiawan, A. D., & Haryanto, J. (2020). *Penerapan Mikrokontroler dalam Sistem Monitoring pH pada Hidroponik*. Jurnal Teknik Elektro, 17(1), 23-30.

[9] Darminto, H. (2021). *Pengembangan Sistem Monitoring pH Berbasis Mikrokontroler ESP32 pada Akuarium* (Tesis). Universitas Negeri Semarang, Semarang.

[10] Sugiarto, M., Aisyah, N., & Fadhil, A. (2022). Kalibrasi Sensor pH pada Alat Monitoring Kualitas Air Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi, 9*(2), 50-58.

[11] Pratama, M. A., Suryanto, T., & Setiawan, Y. (2018). *Pengembangan Alat Monitoring pH Berbasis Arduino untuk Pemantauan Kualitas Air Sungai*. Jurnal Teknologi Informasi dan Sistem Informasi, 6(1), 31-38.

[12] Indriyani, D., Setiawan, R., & Gunawan, P. (2019). *Sistem Monitoring pH Air Akuarium Berbasis Mikrokontroler dengan Aplikasi Android*. Jurnal Teknik Elektro, 15(2), 45-52.