

Rancang Bangun Pengukuran Keasaman Tahu Dengan Metode Fuzzy Berbasis Arduino

Arif Suhendar¹, Usti Fatimah Sari Sitorus Pane², Wahyu Riansah³

¹ Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma

^{2,3} Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma

Email : ¹suhendararif@gmail.com, ²ustipaneee@gmail.com, ³wahyuriansah2@gmail.com

Email Penulis Korespondensi : suhendararif@gmail.com

Abstrak

Tahu merupakan salah satu produk olahan kedelai yang rentan mengalami penurunan kualitas akibat proses fermentasi. Tingkat keasaman (pH) menjadi indikator utama dalam menentukan kesegaran tahu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pengukur keasaman tahu secara otomatis menggunakan sensor pH yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino, dengan pengambilan keputusan berbasis logika fuzzy. Sistem ini dirancang untuk mempermudah produsen tahu dalam memantau kualitas produk secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan kondisi tahu menjadi tiga tingkatan keasaman : tinggi, sedang, dan rendah, dengan memberikan informasi yang mudah dipahami oleh pengguna melalui layar LCD. Sistem ini diharapkan dapat membantu pelaku industri tahu dalam menjaga kualitas produk dan mengurangi risiko distribusi tahu yang tidak layak konsumsi.

Kata Kunci : Keasaman, Arduino, Logika Fuzzy, Sensor pH, LCD

Abstract

Tofu is one of the soybean-based processed products that is prone to quality degradation due to ongoing fermentation. The acidity level (pH) serves as a primary indicator in determining the freshness of tofu. This research aims to design and develop an automatic tofu acidity measurement device using a pH sensor controlled by an Arduino microcontroller, with decision-making based on fuzzy logic. The system is designed to assist tofu producers in monitoring product quality in real-time. Test results show that the system is capable of classifying tofu conditions into three acidity levels: high, medium, and low, while providing easily understandable information to users through an LCD display. This system is expected to help tofu industry players maintain product quality and reduce the risk of distributing unfit-for-consumption tofu.

Keywords : Acidity, Arduino, Fuzzy Logic, pH Sensor, LCD

1. PENDAHULUAN

Tahu adalah salah satu bahan makanan yang sangat populer di Indonesia. Tahu terbuat dari kedelai dan sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Selain itu, tahu juga sebagai salah satu sumber protein. Tahu merupakan produk makanan berbentuk padatan lunak yang dihasilkan melalui proses pengolahan kedelai jenis *Glycine* dengan cara mengendapkan protein, baik dengan atau tanpa penambahan bahan lain yang diizinkan. Tahu dibuat dari sari kedelai yang digumpalkan menggunakan bahan pengendap dalam kondisi asam. [1]

Dalam pembuatan tahu, penting juga untuk memikirkan kualitas. Kualitas tahu sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah tingkat keasaman (biasanya antara 3,8-5,0). Pengukuran tingkat keasaman atau pH merupakan salah satu parameter penting dalam proses produksi tahu. Pengukuran pH secara manual sering kali kurang efisien dan rentan terhadap kesalahan manusia. Pengendapan adalah salah satu tahap dalam proses pembuatan tahu. Namun, pengendapan secara konvensional tidak dilengkapi dengan pengendalian keasaman yang diperlukan untuk menjaga pH ideal. Proses pengendapan melibatkan pencampuran pati kedelai panas (hasil penyaringan) dengan air cuka sintesis dingin, yang diaduk hingga merata untuk menghasilkan gumpalan putih. Pada tahap inilah pengendapan tahu terjadi, dengan menggunakan cairan cuka yang telah disiapkan sebelumnya. Jika pH tidak sesuai, kadar protein yang dihasilkan akan rendah, sehingga mempengaruhi rasa dan aroma tahu yang menjadi kurang khas. Tahu kedelai rentan mengalami kerusakan fisik atau perubahan tekstur, yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kadar pH yang tidak tepat dan penyimpanan yang kurang memadai, sehingga tahu bisa menjadi lembek, terlalu padat, atau rusak. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikembangkan sebuah sistem untuk mengukur tingkat keasaman pH yang ideal dalam proses pembuatan tahu, dengan menggunakan sensor pH. [2]

Namun, untuk mengatasi tantangan tersebut, penggunaan sensor pH dalam proses pembuatan tahu menjadi solusi yang efektif, yang akan memungkinkan pengukuran pH secara otomatis dan akurat. Selain itu, untuk menangani ketidakpastian dalam pengukuran dan pengendalian kualitas pH, metode fuzzy dapat diterapkan sebagai pendekatan yang fleksibel dan adaptif. Metode *fuzzy* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menangani data atau informasi yang tidak pasti, samar-samar, atau ambigu. Dalam konteks pengukuran pH tahu, metode *fuzzy* dapat digunakan untuk menentukan keputusan optimal terkait pengendalian kualitas berdasarkan rentang nilai pH yang diperoleh.

Ciri utama dari penalaran menggunakan metode fuzzy adalah derajat keanggotaan atau fungsi keanggotaan (*membership function*). Alasan penggunaan metode fuzzy adalah karena konsep matematisnya yang sederhana dan mudah dipahami, fleksibel, toleran terhadap data yang tidak akurat atau kabur, mampu memodelkan fungsi non-linear yang kompleks, memungkinkan penerapan langsung pengalaman ahli tanpa memerlukan proses pelatihan, dapat bekerja bersama teknik kendali konvensional, dan didasarkan pada bahasa alami. [3]

Seiring dengan keunggulan metode fuzzy dalam mengatasi ketidakpastian dan memodelkan fungsi kompleks, penerapannya dalam sistem berbasis Arduino memberikan solusi praktis untuk pengukuran pH tahu secara real-time. Dengan mengintegrasikan sensor pH ke dalam platform Arduino, sistem ini tidak hanya dapat memantau tingkat keasaman, tetapi juga memproses data menggunakan metode fuzzy untuk mengoptimalkan keputusan terkait kualitas tahu.

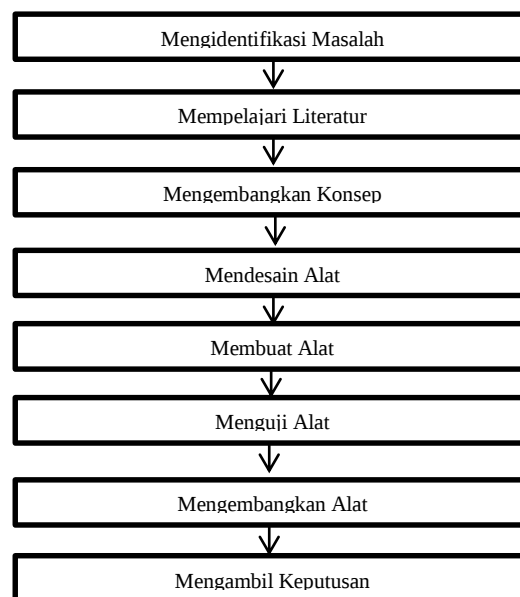
Arduino adalah *platform mikrokontroler* yang populer karena sifatnya yang *open-source*, mudah diprogram, dan dapat diintegrasikan dengan berbagai sensor. Dalam penelitian ini, Arduino digunakan sebagai pengendali utama dalam pengukuran pH tahu. Dengan menggunakan sensor pH yang dihubungkan ke Arduino, sistem ini dapat membaca tingkat keasaman secara *real-time* dan memprosesnya dengan metode *fuzzy* untuk memberikan keputusan terkait kualitas tahu. Sensor dan penampil di kendalikan oleh suatu pengolah yaitu papan arduino sebagai pengolah utama. [4]

Penelitian Rancang Bangun Pengukuran Keasaman Tahu Dengan Metode Fuzzy Berbasis Arduino ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengukuran keasaman tahu yang otomatis, lebih efisien, dan akurat. Sistem ini diharapkan dapat membantu produsen tahu untuk memantau kualitas produk tahu secara lebih efektif dan mengurangi risiko terjadinya kesalahan pengukuran yang dapat mempengaruhi hasil akhir produk tahu. Dengan menggunakan metode fuzzy, diharapkan sistem ini juga dapat memberikan keputusan yang lebih baik terkait tindakan korektif apabila terjadi penyimpangan nilai pH dari standar yang diinginkan, yang selanjutnya dapat diproses dan dikendalikan oleh Arduino untuk melihat hasil pengukuran pH secara real-time di tampilan LCD.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Kerangka kerja merupakan urutan atau alur kerja sistem yang harus diikuti, karena langkah kerja dalam sebuah penelitian sangat mempengaruhi hasil dari sistem tersebut. Kerangka kerja penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Kerangka Kerja

Berdasarkan gambar 1. maka dapat diuraikan rangka-rangka kerja pada penelitian sebagai berikut :

1. **Mengidentifikasi Masalah**
Mengidentifikasi masalah dalam penelitian ini ialah menyusun dasar teori mengenai pentingnya pengukuran keasaman ph air dalam pembuatan tahu untuk memastikan kualitas tahu..
2. **Mempelajari Literatur**
Mempelajari metode dan menganalisis teori terkait alat pengukur keasaman tahu.
3. **Mengembangkan Konsep**
Menentukan prinsip kerja alat menggunakan sensor ph dan mikrokontroler untuk mengkonversi data menjadi tampilan informasi yang akurat.
4. **Mendesain Alat**

Mendesain komponen-komponen seperti sensor ph, mikrokontroler serta LCD untuk mengolah data dan menampilkan hasil pengukuran.

5. **Membuat Alat**
Membuat prototipe alat dan mengintegrasikan semua komponen yang dibutuhkan.
6. **Menguji Alat**
Menguji akurasi alat berdasarkan teori yang telah dipelajari.
7. **Mengembangkan Alat**
Melakukan pengembangan alat berdasarkan hasil pengujian alat.
8. **Mengambil Keputusan**
Setelah semua hasil pengujian dan pengembangan alat yang dilakukan selesai, tahap selanjutnya adalah pengambilan keputusan akan kelayakan sistem yang dirancang dan prototipe yang dibangun sehingga bisa diimplementasikan di kehidupan nyata.

2.2 Metode Perancangan Sistem

Metode perancangan sistem adalah salah satu pendekatan yang krusial dalam penelitian. Metode ini menjelaskan secara rinci bagaimana sistem akan dirancang agar dapat berfungsi sesuai dengan harapan. Berikut ini adalah langkah-langkah umum dalam merancang sistem tersebut :

1. **Studi Literatur dan Identifikasi Kebutuhan**
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi terkait pengukuran keasaman tahu dan menentukan kebutuhan alat, baik secara komponen perangkat keras maupun komponen perangkat lunak.
2. **Perancangan Konsep**
Menentukan konsep alat yaitu pemilihan sensor ph dan mikrokontroler arduino serta LCD untuk menampilkan hasil. Melakukan Analisa terhadap sistem yang berhubungan dengan penelitian terhadap pengukuran keasaman tahu dengan metode fuzzy berbasis arduino, serta mengumpulkan sumber daya yang dapat mendukung pelaksanaan penelitian ini.
3. **Desain *Hardware***
Mendesain rangkaian elektronika dan komponen fisik alat sesuai fungsinya.
4. **Desain *Software***
Membuat perangkat lunak untuk pengolahan data sensor dan menampilkan hasil pengukuran.
5. **Prototipe dan Pengujian**
Pada tahapan ini dilakukan perakitan prototipe dengan semua komponen untuk menjadi satu sistem kemudian mengujinya dengan sampel air tahu yang memiliki tingkat keasaman berbeda sesuai dengan data yang terkumpul. Pengujian dilakukan terhadap ketahanan dan ketepatan penggunaan komponen pada desain sistem yang telah dibuat untuk membandingkan kesesuaian dengan konsep sistem yang direncanakan dan diharapkan. Komponen yang digunakan yaitu sensor ph, arduino UNO dan LCD. Metode yang digunakan adalah metode *fuzzy(Mamdani)*.
6. **Evaluasi dan Penyempurnaan**
Menilai hasil pengujian, memperbaiki kelemahan alat, dan mengoptimalkan desain serta perangkat lunak.

2.3 Tahu

Tahu memiliki dua tahap utama dalam pembuatannya, yaitu produksi susu kedelai dan koagulasi protein. Proses ini dimulai dengan merendam kedelai dalam air bersih untuk menghasilkan susu kedelai. Perendaman bertujuan untuk melunakkan struktur seluler kedelai, sehingga lebih mudah digiling serta mempermudah pelarutan dan suspensi padatan kedelai selama ekstraksi. Selain itu, perendaman juga membantu mengupas kulit kedelai. [5]

2.4 Keasaman (pH)

Keasaman (pH) merupakan parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi sifat asam atau basa suatu larutan. Perubahan nilai pH dalam air dapat memengaruhi berbagai proses fisik, kimia, dan biologis yang berlangsung, terutama terhadap organisme yang hidup di dalamnya. Skala pH berkisar dari 1 hingga 14, di mana nilai 1–7 dikategorikan sebagai asam, nilai 7 sebagai netral, dan 7–14 sebagai basa. [6]

2.5 Metode Fuzzy

Metode fuzzy memiliki keunggulan dalam menghadapi data yang tidak pasti atau ambigu. Selain itu, metode ini tidak memerlukan model matematis yang kompleks dan dapat diimplementasikan secara efisien pada perangkat keras seperti Arduino. Hal ini membuat fuzzy logic sangat cocok untuk aplikasi praktis dalam bidang pengendalian kualitas, termasuk pada industri pangan seperti produksi tahu.

Pada mikrokontroler Arduino, ditetapkan setpoint untuk tingkat keasaman tahu. Data setpoint ini akan digunakan dalam analisis fuzzy untuk menentukan kondisi tahu yang digunakan. Proses filtrasi akan berlangsung hingga air sesuai dengan batas setpoint yang ditetapkan. Hasil pengukuran ditampilkan secara real-time pada layar LCD yang terpasang di panel sistem, memungkinkan pengguna untuk memantau kualitas tahu secara langsung. [7]

2.6 Arduino UNO

Arduino UNO adalah board berbasis mikrokontroler ATmega328. Board ini memiliki 14 pin *input/output* digital, di mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 *input* analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, dan tombol reset. Board ini menyediakan semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Pengguna hanya perlu menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau menggunakan sumber tegangan dari adaptor AC-DC atau baterai. [8]

2.7 Sensor Ph

Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Pengukuran dan pengendalian pH sangat penting dalam berbagai studi kimia dan biologi di laboratorium, serta dalam berbagai sektor industri. Umumnya, sensor pH yang sering digunakan terbuat dari bahan kaca, yang berukuran relatif besar, memiliki tahanan dalam yang sangat tinggi (dalam orde Mega-Ohm), dan mudah pecah jika terjatuh atau terbentur.

Secara umum, sensor merupakan alat atau perangkat yang mampu mengubah karakteristik fisiknya menjadi sinyal listrik agar dapat diolah oleh rangkaian elektronik atau sistem digital. Berdasarkan jenis variabel yang diukur, sensor terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu sensor fisik dan sensor kimia. Sensor kimia berfungsi untuk mendeteksi konsentrasi zat kimia dengan cara mengonversi parameter kimia menjadi sinyal listrik, yang didasarkan pada reaksi kimia yang terjadi seperti sensor pH. [9]

2.8 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) atau layar elektronik merupakan salah satu komponen elektronik yang berfungsi menampilkan data seperti karakter, huruf, atau grafik. Salah satu jenis tampilan menggunakan cairan kristal yang dioperasikan dengan sistem dot matrix. LCD 16x2 (*Liquid Crystal Display*) dapat menampilkan hingga 32 karakter, terbagi dalam dua baris, di mana masing-masing baris mampu menampilkan 16 karakter. LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan jenis layar elektronik yang paling umum, dibangun dengan teknologi logika CMOS.

LCD berfungsi untuk menampilkan data berupa karakter, angka, gambar, atau grafik. Panel LCD dibuat dengan senyawa organik yang menggabungkan transparansi indium oksida dengan tampilan kaca bening. [10]

2.9 Flowchart

Flowchart atau bagan alir adalah diagram yang menggambarkan langkah-langkah dan keputusan dalam suatu proses yang diterapkan dalam program. Setiap langkah digambarkan secara grafis dan dihubungkan oleh garis atau panah. Dalam proyek pemrograman yang melibatkan banyak orang, *flowchart* memiliki peran penting dalam menjelaskan setiap langkah atau fungsi. Penggunaan *flowchart* membantu memperjelas prosedur secara ringkas dan mengurangi potensi kesalahpahaman. Dalam pemrograman, *flowchart* juga berguna untuk menjembatani kebutuhan teknis dan non-teknis.

Setiap simbol dalam *flowchart* memiliki arti yang berbeda-beda. Ada simbol untuk menghubungkan satu simbol dengan yang lain, seperti simbol aliran dan referensi dalam maupun luar halaman, simbol yang merepresentasikan proses yang sedang berlangsung, serta ikon untuk menerima *input* dan menampilkan *output*. [11]

2.10 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak untuk membuat sketsa pemrograman, dengan kata lain Arduino IDE sebagai alat pemrograman untuk papan yang dapat diprogram. Sekarang Arduino IDE dapat digunakan untuk memprogram beberapa mikrokontroler seperti NodeMCU.

Perangkat lunak Arduino IDE memiliki lingkungan yang ditulis dalam bahasa Java. Arduino IDE juga dilengkapi dengan kompiler untuk bahasa C atau C++. Tujuan utama Arduino IDE adalah untuk memudahkan pembuatan skrip atau kode untuk berbagai macam papan (board) atau mikrokontroler. [12]

2.11 Fritzing

Fritzing adalah salah satu program gratis terbaik untuk mempelajari elektronik. Perangkat lunak ini dapat berjalan di lingkungan sistem operasi GNU/Linux dan *Microsoft Windows*. Setiap perangkat lunak memiliki keunggulan tersendiri untuk setiap jenis pengguna dan kebutuhan. Perangkat lunak pencitraan *Fritzing* memiliki keunggulan. *Fritzing* mudah digunakan karena mendukung tiga layar yaitu diagram sirkuit, layar visual pada papan tempat memotong roti dan layar desain PCB. Biasanya sebelum mulai membuat rangkaian elektronika terlebih dahulu dibuat desain atau *prototype*.

Prototype ini dibuat di atas papan *breadboard* dengan menggunakan komponen elektronika yang sebenarnya. Aplikasi *Fritzing* digunakan untuk membuat sketsa rangkaian elektronik dan diinstal pada PC atau laptop. [13]

2.12 SketchUp

SketchUp adalah perangkat lunak desain 3D yang lebih intuitif dan mudah digunakan, memungkinkan pengguna dengan sedikit atau tanpa pengalaman pemodelan 3D untuk membuat model bangunan sederhana. *SketchUp* memiliki keunggulan seperti antarmuka pengguna yang sederhana, fleksibilitas desain, serta kemampuan untuk menambahkan

plugin dan ekstensi pihak ketiga. *SketchUp* dapat berinteraksi dengan beberapa program lain seperti AutoCAD, Revit, Photoshop, dan lainnya, menjadikannya sangat berguna dan fleksibel untuk berbagai aplikasi seperti arsitektur, desain interior, konstruksi dan teknik mesin, film, dan video game. [14]

2.13 Instrumen Penelitian

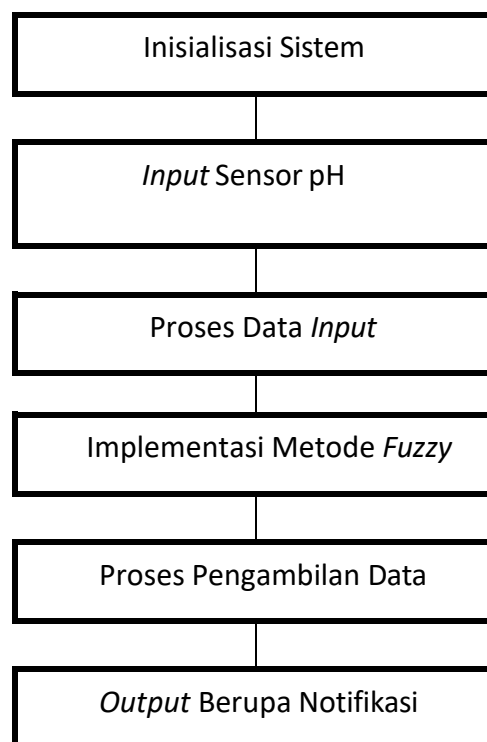
Instrumen penelitian ini terdiri dari serangkaian langkah yang digunakan dalam kegiatan penelitian untuk metode pengumpulan data. Penelitian ini menggunakan instrumen sebagai berikut :

1. Observasi
Observasi dilakukan dengan cara mengunjungi atau melihat tempat-tempat produksi tahu kemudian memperhatikan proses pembuatan tahu di tempat tersebut.
2. Studi Literatur
Mencari informasi tentang penelitian terkait yang telah dilakukan dalam domain ini untuk memahami pendekatan teknologi guna hasil yang ingin dicapai serta mengumpulkan data komponen yang akan digunakan sebagai acuan.
3. Percobaan Langsung
Mengumpulkan data dengan cara melakukan uji coba pada penelitian guna memperbaiki masalah yang terjadi, sehingga sistem yang akan dibuat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan hasil yang diinginkan. Setelah perangkat keras dan perangkat lunak dibuat maka dilakukan uji coba sampai sistem berjalan sesuai dengan hasil yang diinginkan.

2.14 Algoritma Sistem

Algoritma sistem merupakan sebuah implementasi metode atau algoritma didalam studi kasus yang di teliti. Algoritma sistem sangat penting dalam pembentukan sebuah sistem yang akan dikembangkan di dalam sebuah penelitian. Algoritma sistem juga dapat diartikan dengan suatu aliran proses cara kerja sistem yang dibuat dari input, proses hingga output. Algoritma digunakan untuk mengetahui tahapan-tahapan yang akan dilakukan dari awal sampai akhir untuk mencapai output yang diinginkan.

Tahapan-tahapan algoritma sistem dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Algoritma Sistem

Berdasarkan gambar 2. maka ditemukan beberapa tahapan utama dalam menjalankan sistem terdiri dari :

1. Inisialisasi Sistem
Proses inisialisasi sistem merupakan prasyarat untuk pengoperasian sistem. Inisialisasi sistem melibatkan pemrosesan pada mikrokontroler arduino dan menentukan koneksi awal antar komponen utama.
2. *Input Sensor pH*

Pada tahapan ini sensor akan di identifikasikan untuk aktif. Proses dimana sensor ini akan membaca nilai keasaman air tahu.

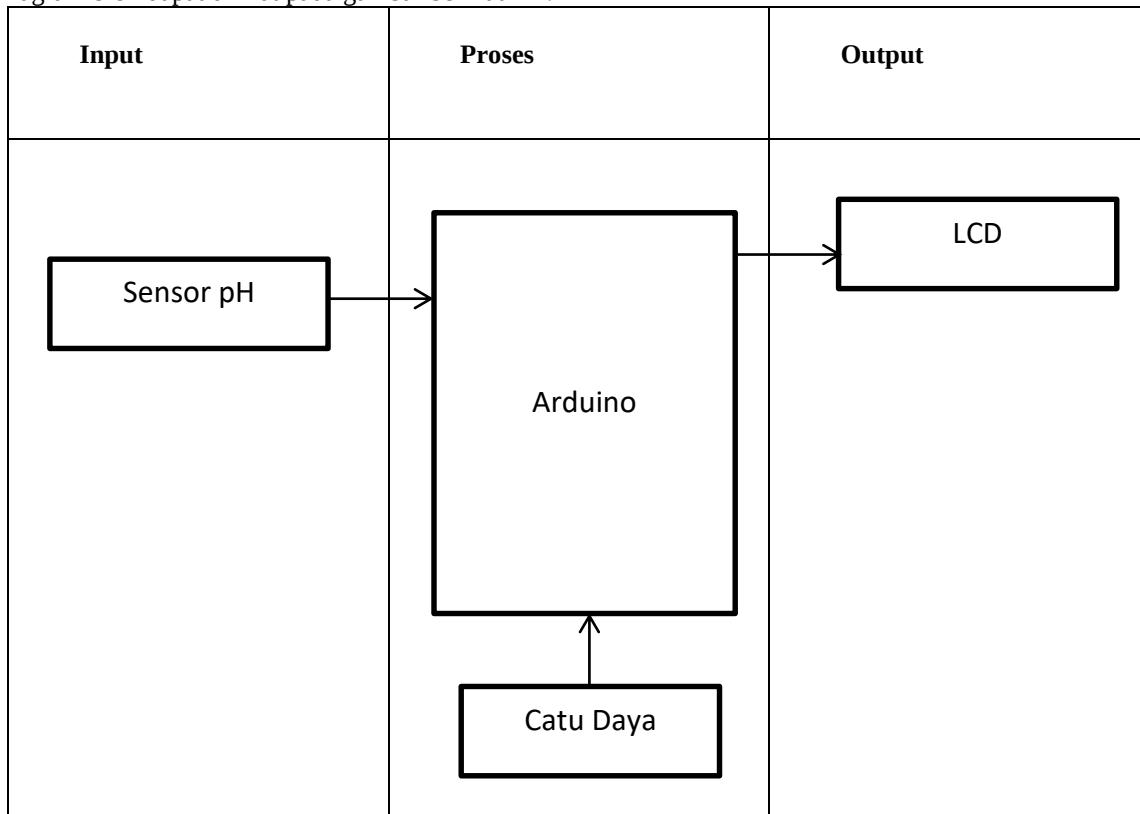
3. **Proses Data Input**
 Pemrosesan data masukan dilakukan oleh sistem kendali yang digunakan. Proses mikrokontroler merupakan proses yang menerima data hasil pembacaan sensor pH, meneruskan perintah dari *input* tersebut ke sistem mikrokontroler arduino.
4. **Implementasi Metode Fuzzy**
 Dalam penerapan metode *fuzzy* terdapat beberapa proses, salah satunya yaitu sistem inferensi. Sistem inferensi merupakan kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IF-THEN*, dan penalaran *fuzzy*. Setiap aturan menghasilkan nilai keanggotaan berdasarkan kondisi input (pH tahu) dan aturan *fuzzy* yang diterapkan. Berikut adalah aturan fuzzy yang diterapkan untuk keasaman tahu berdasarkan pH:
 - a. Jika pH tinggi, maka keasaman adalah tinggi (pH antara 1.0 sampai dengan 5.0, rasa tahu asam dan kualitas fisik buruk)
 - b. Jika pH sedang, maka keasaman adalah sedang (pH antara 5.0 sampai dengan 5.5, rasa tahu netral dan kualitas fisik cukup)
 - c. Jika pH rendah, maka keasaman adalah rendah (pH antara 5.5 sampai dengan 10, rasa tahu manis dan kualitas fisik baik)
5. **Proses Pengambilan Data**
 Ketika kondisi sensor mendeteksi nilai pH air tahu, program dengan pemrosesan akan menampilkan data.
6. **Output Berupa Notifikasi**
 Apabila pH air tahu berada pada nilai yang telah ditentukan, maka notifikasi pada LCD akan aktif dan menampilkan data tingkat keasaman tahu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem merujuk pada desain menyeluruh dari sistem yang akan dikembangkan. Dengan adanya arsitektur ini, proses perancangan dan implementasi sistem dapat dilakukan secara efisien untuk mencapai hasil yang optimal. Arsitektur sistem ini mencakup diagram blok yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Diagram blok merupakan cara yang sangat sederhana untuk menjelaskan cara kerja suatu sistem. Dengan menggunakan diagram blok, kita dapat menganalisis cara kerja rangkaian serta mengetahui bahan-bahan utama yang dibutuhkan dalam pembuatan alat ini.

Diagram blok dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3. Diagram Blok

Berikut penjelasan berdasarkan blok input, proses dan output yaitu :

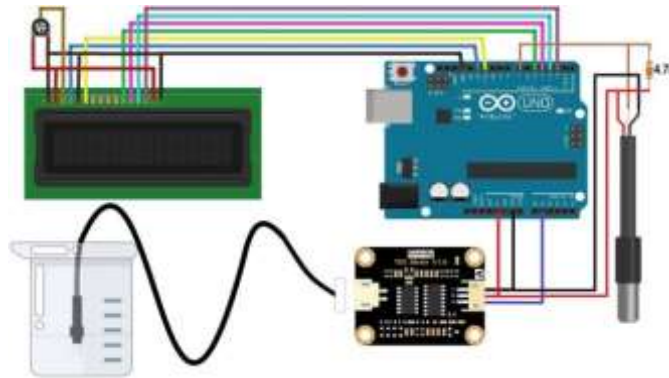
1. Blok *Input*
Pada blok *input* terdapat sensor pH yang berfungsi menjadi data masukan untuk mendeteksi tingkat keasaman tahu.
2. Blok Proses
Pada blok proses yaitu mikrokontroler Arduino akan memproses *input* dari data sensor untuk mengeluarkan nilai yang terdeteksi oleh sensor sehingga dapat membuat hasil yang terdeteksi kemudian dikirim untuk menjadi *output*.
3. Blok *Output*
Output yang digunakan adalah LCD untuk menampilkan data nilai pH dan tingkat keasaman tahu.

3.2 Perancangan Sistem

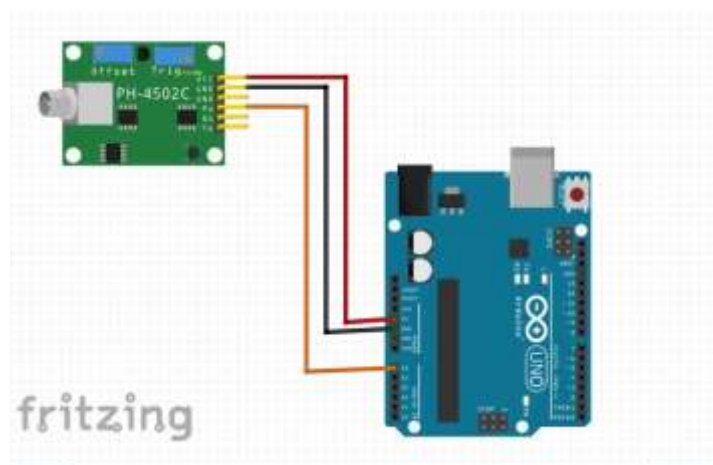
Perancangan sistem adalah representasi skematik dari komponen-komponen yang akan digunakan dalam sistem yang hendak dibangun. Rangkaian sistem tersebut digambarkan dalam bentuk skematik menggunakan perangkat lunak Fritzing, yang akan diuraikan dan dijelaskan sebagai berikut :

a. Skematik Visual

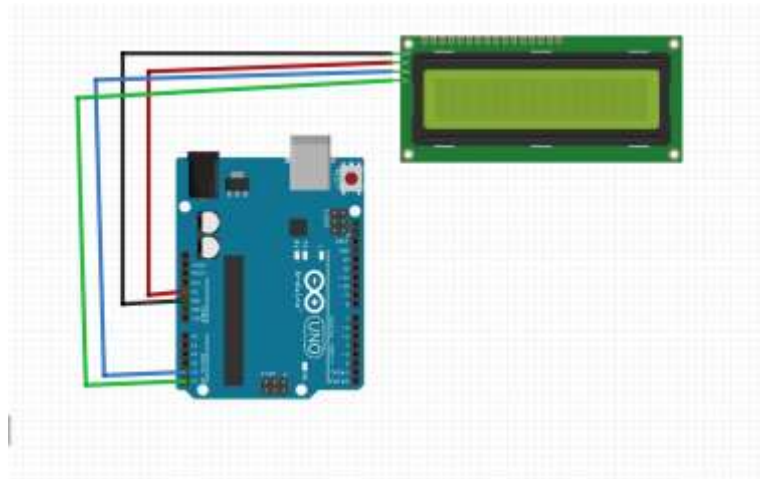
Berikut adalah contoh gambar skematik sederhana yang dapat dibuat dalam *Fritzing* :



Gambar 4. Skematik Sistem



Gambar 5. Skematik Sensor pH

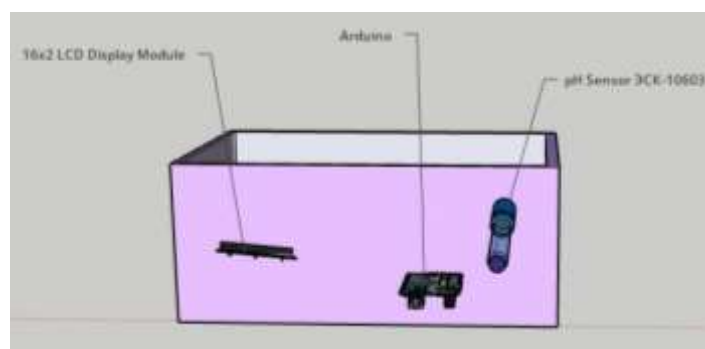


Gambar 6. Skematik LCD

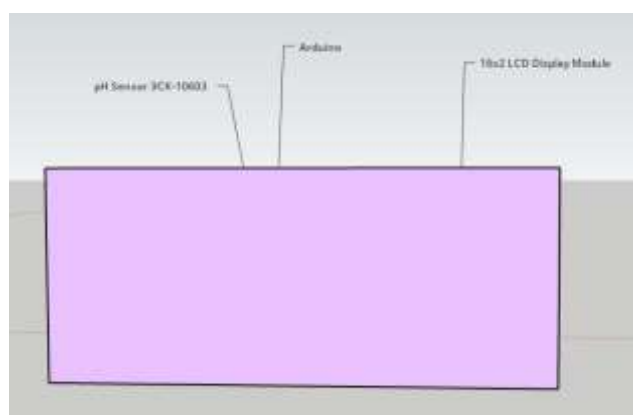
3.3 Perancangan Model Prototipe

Desain perangkat contoh ini adalah gambar dari perangkat sistem yang akan dibuat dan dijelaskan dalam 3D. Perancangan ini menggunakan perangkat lunak google sketchup, namun komponen yang dijelaskan akan berbentuk dalam model desain 3D.

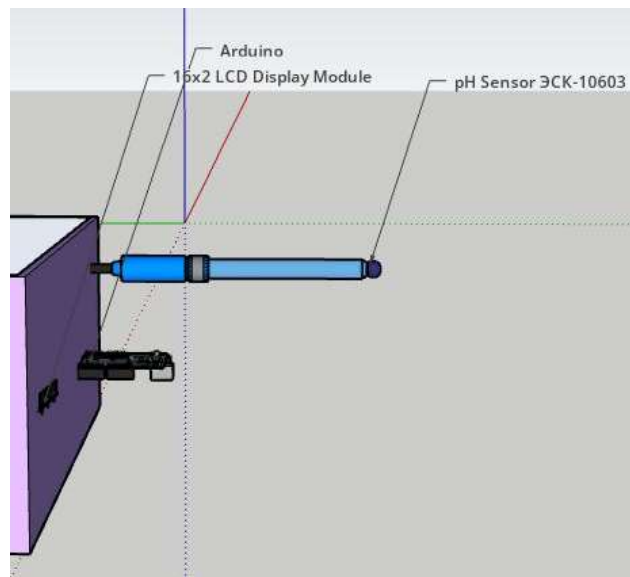
Berikut adalah contoh gambar model atau prototipe sederhana yang dapat dibuat dalam bentuk 3D pada *SketchUp* :



Gambar 7. Rancangan Prototipe Tampak Depan



Gambar 8. Rancangan Prototipe Tampak Belakang



Gambar 9. Rancangan Prototipe Tampak Samping

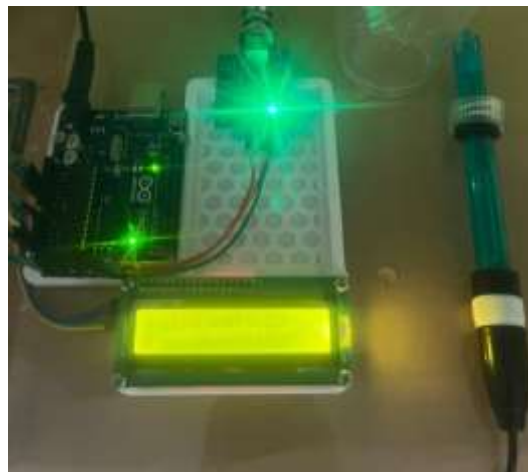
3.4 Implementasi Sistem

Implementasi sistem adalah tahap yang dilalui untuk memastikan sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, dimulai dari perancangan blok diagram, perancangan rangkaian, pembuatan program, hingga penyusunan kesimpulan. Proses implementasi dilakukan setelah semua kebutuhan sistem disiapkan, dilanjutkan dengan perakitan dan pengembangan sistem menjadi satu kesatuan, serta pengujian terhadap sistem yang telah dibuat.

Implementasi sistem dilakukan sebagai berikut :

a. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Pada gambar berikut adalah rangkaian keseluruhan sistem yang telah siap untuk dijalankan sesuai instruksi program yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 10. Rangkaian Keseluruhan Sistem

3.5 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui fungsi dan hasil keseluruhan sistem yang telah dibuat apakah berjalan dengan baik ataupun tidak. Pengujian dimulai dengan melakukan pemeriksaan cara kerja sistem dari bagian-bagian utama sampai kinerja sistem secara menyeluruh. Sistem pengujian rangkaian dilakukan setelah semua bagian-bagian komponen terhubung secara utuh menjadi satu kesatuan.

a. Hasil Pengujian Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat dapat berjalan dengan baik sesuai dengan perintah yang diinginkan.

Berikut beberapa gambar dari pengujian pada sistem :



Gambar 11. LCD Menunjukkan Keasaman Rendah



Gambar 12. LCD Menunjukkan Keasaman Sedang



Gambar 13. LCD Menunjukkan Keasaman Tinggi

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian rancang bangun alat pengukur keasaman tahu dengan metode fuzzy menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan pengukuran yang akurat serta memudahkan pengguna dalam memantau hasil secara real-time. Metode fuzzy yang diterapkan memungkinkan penanganan data yang tidak pasti secara lebih fleksibel dan menghasilkan output yang lebih halus dan mudah dimengerti, menjadikan alat ini praktis digunakan dalam proses produksi tahu.

Penggunaan Arduino sebagai pusat kendali sistem memberikan keunggulan dalam efisiensi dan otomatisasi. Proses pengolahan data menjadi lebih cepat dan minim intervensi manusia, sehingga mempercepat proses identifikasi tingkat

keasaman tahu. Kombinasi antara teknologi sensor pH dan metode fuzzy dalam sistem ini berhasil menciptakan alat yang tidak hanya responsif tetapi juga ekonomis untuk diterapkan oleh produsen kecil maupun menengah.

Namun demikian, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Ketergantungan pada kalibrasi sensor pH yang tepat sangat mempengaruhi akurasi pengukuran, dan tampilan LCD yang terbatas tidak mampu menampilkan informasi dalam jumlah besar. Selain itu, komponen-komponen elektronik dalam sistem memerlukan perawatan berkala untuk menjaga kinerja alat tetap optimal. Meski begitu, secara keseluruhan sistem ini sangat bermanfaat bagi produsen tahu dalam menjaga konsistensi kualitas produk, terutama dalam memenuhi standar keasaman yang diharapkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Ibu Usti Fatimah Sari Sitorus Pane dan Bapak Wahyu Riansyah atas bimbingannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan serta pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] P. S. Dewi, I. Rini, D. Ari, and C. Meidiana, "Proses produksi tahu di desa kalisari kecamatan cilongok kabupaten banyumas," *Plan. Urban Reg. Environmen*, vol. 12, no. 0341, pp. 57–64, 2023, [Online]. Available: <https://purejournal.ub.ac.id/index.php/pure/article/view/462>
- [2] R. P. Nur Laili, F. A. S. A. Soelistianto, N. Zakaria, and N. Hidayati, "Monitoring Kekenyalan Tahu Kedelai dengan Sensor Kapasitif Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Android," *E-JOINT (Electronica Electr. J. Innov. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2021, doi: 10.35970/e-joint.v2i1.752.
- [3] U. Athiyah, A. P. Handayani, M. Y. Aldean, N. P. Putra, and R. Ramadhani, "Sistem Inferensi Fuzzy: Pengertian, Penerapan, dan Manfaatnya," *J. Dinda Data Sci. Inf. Technol. Data Anal.*, vol. 1, no. 2, pp. 73–76, 2021, doi: 10.20895/dinda.v1i2.201.
- [4] R. Damayanti, A. Wanto, A. Perdana Windarto, and R. Ardiansyah Darmadi, "Prototype Deteksi Susu Sapi Basi Menggunakan Sensor PH Air Berbasis Arduino Uno," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Komput. dan Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 390–397, 2023, [Online]. Available: <https://prosiding.seminars.id/prosainteks>
- [5] A. Tanjung, C. N. Afifah, C. Miranti, F. Al Hasanah, S. Warahmah, and R. A. Daulay, "Proses Pembuatan Tahu Berbahan Dasar Kacang Kedelai di Pabrik Tahu Mabar Hilir," *J. Dirosah Islam.*, vol. 5, no. 2, pp. 553–560, 2023, doi: 10.47467/jdi.v5i2.3214.
- [6] T. Harmawan, "Analisis Kandungan Minyak dan Lemak pada Limbah Outlet Pabrik Kelapa Sawit di Aceh Tamiang," *Quim. J. Kim. Sains dan Terap.*, vol. 4, no. 1, pp. 15–19, 2022, doi: 10.33059/jq.v4i1.4318.
- [7] D. Rahmawati, K. D. Ariyanto, H. Sukri, and D. N. Purnamasari, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Untuk Penyediaan Kualitas Air Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," pp. 94–102.
- [8] A. Ismanto and C. Bella, "Rancang Bangun Pemantauan pH Air Pada Aquaponik Berbasis Arduino Uno," *Portaldata.org*, vol. 2, no. 2, pp. 1–12, 2022, [Online]. Available: <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/82>
- [9] R. E. Charles and E. S. Sugesti, "Penggunaan Sensor Ph dan Turbidity pada Peningkatan Ph Air Hujan di Storage Rain Water Harvesting Menjadi Air Siap Pakai," vol. 11, no. 1, p. 201, 2024.
- [10] J. P. Sianturi, A. Alhaifz, and W. Riansah, "Sistem Kendali Dan Monitoring Untuk Pengemudi Pelanggar Marka Jalan Menggunakan Teknik PWM," *J. Sist. Komput. Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 2, no. 6, pp. 316–324, 2023, doi: 10.53513/jursik.v2i6.8683.
- [11] A. Zalukhu *et al.*, "Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart," *J. Teknol. Inf. dan Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 61–70, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.istp.ac.id/index.php/jtii/article/view/351>
- [12] A. Herlan, I. Fitri, and R. Nuraini, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Data Sebaran Covid-19 Secara Real-Time menggunakan Arduino Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 5, no. 2, p. 206, 2021, doi: 10.35870/jtik.v5i2.212.
- [13] S. Samsugi and W. Wajiran, "IoT: EMERGENCY BUTTON SEBAGAI PENGAMAN UNTUK MENGHINDARI PERAMPASAN SEPEDA MOTOR," *J. Teknoinfo*, vol. 14, no. 2, p. 99, 2020, doi: 10.33365/jti.v14i2.653.
- [14] Andy Satria, Fajar Azhari Lubis, and Zahroina Rosa Pasaribu, "Optimalisasi Penggunaan Aplikasi Digital Dalam Teknik Penggambaran Struktur Bangunan," *J. Ris. Rumpun Seni, Desain dan Media*, vol. 3, no. 1, pp. 80–89, 2024, doi: 10.55606/jurrsendem.v3i1.2367.