



## Desain dan Perakitan Purwarupa Milkotester Berbasis IoT untuk Klasifikasi Susu Sapi UHT sebagai Daya Dukung K3L

Damar Wicaksono<sup>1\*</sup>, Aries Susanty<sup>1,2</sup>, R. Rizal Isnanto<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,

<sup>2</sup>Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

<sup>3</sup>Departemen Teknik Komputer Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*)Corresponding author: damar@untidar.ac.id

(Received: November 8, 2025; Accepted: December 15, 2025)

### Abstract

*Design and Assembly of an IoT-Based Milkotester Prototype for Classifying UHT Cow's Milk as a Supporting Factor for K3L. Ultra High Temperature cow's milk is a type of milk widely consumed by humans, from children to adults, because milk has many health benefits. However, if the processing hygiene is not maintained, the milk will quickly become unfit for consumption and can cause various negative impacts for those who consume it. Many ways can be done to determine the suitability of milk for consumption such as looking at its color, smelling it, or tasting the milk. However, these methods are ineffective and raise questions about whether the milk is still suitable for consumption or not. Therefore, to help people avoid being trapped into buying cow's milk that is no longer suitable, a tool is needed that can help and test the quality of cow's milk directly and quickly. Sensor technology combined with naïve Bayes classification and IoT is used to obtain the results of the UHT milk classification. This study uses a TCS3200 sensor used to detect the color of cow's milk, a DFRobot Gravity Analog pH Sensor to obtain the acidity value of cow's milk, a DS18B20 sensor to measure temperature, a TGS2600 sensor to determine the level of ammonia gas and a water level sensor to determine the presence or absence of test samples. Meanwhile, for the classification results, the naïve Bayes and SVM methods were used. This classification method was chosen because it can be used to process input data with accurate calculation results with a simple amount of data. Based on the test results, the accuracy of the naïve Bayes calculation was 85% taken from 20 times of the test data, and in the test there were 3 inappropriate results (TS). This method has superior accuracy, precision, recall, and f1-score results of 5.00%, 0.06, 0.02, and 0.03 compared to the SVM classification model. Meanwhile, the calculation speed of the tool from taking the value by the sensor until the tool can produce the classification result is an average of 2387.6 ms.*

**Keywords:** *Ultra High Temperature, sensor, IoT, accuracy, sample*

### Abstrak

Susu sapi *Ultra High Temperature* merupakan salah satu jenis susu yang banyak dikonsumsi oleh manusia mulai dari anak-anak hingga orang dewasa, karena susu memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Namun apabila kebersihan pengolahannya tidak terjaga, maka susu akan cepat menjadi tidak layak untuk dikonsumsi dan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif bagi yang mengonsumsinya. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui kelayakan susu untuk dikonsumsi seperti melihat warnanya, mencium baunya, atau mencicipi susu tersebut. Namun cara-cara tersebut tidaklah efektif dan menimbulkan pertanyaan apakah susu tersebut masih layak atau tidak untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, untuk membantu masyarakat agar tidak terjebak membeli susu sapi yang sudah tidak layak, maka dibutuhkan suatu peralatan yang dapat membantu dan menguji kualitas susu sapi secara langsung dan cepat. Teknologi sensor yang dipadukan dengan klasifikasi *naïve bayes* dan IoT digunakan untuk memperoleh hasil klasifikasi susu UHT.

Penelitian ini menggunakan sensor TCS3200 yang digunakan untuk mendeteksi warna susu sapi, sensor DFRobot Gravity Analog pH Sensor untuk memperoleh nilai keasaman susu sapi, sensor DS18B20 untuk mengukur temperatur, sensor TGS2600 untuk mengetahui kadar gas amonia dan sensor level air untuk mengetahui ada atau tidaknya sampel uji. Sedangkan untuk hasil klasifikasi menggunakan perhitungan metode *naïve bayes* dan SVM. Pemilihan penggunaan klasifikasi ini dikarenakan metode ini dapat digunakan untuk mengolah data masukan dengan hasil perhitungan yang akurat dengan jumlah data yang sederhana. Berdasarkan hasil pengujian, akurasi perhitungan *naïve bayes* sebesar 85% yang diambil dari 20 kali dari data uji, dan pada pengujian tersebut terdapat 3 hasil yang tidak sesuai (TS). Metode ini memiliki hasil akurasi, presisi, *recall*, dan *f1-score* yang lebih unggul sebesar 5,00%, 0,06, 0,02, dan 0,03 terhadap model klasifikasi SVM. Sedangkan kecepatan perhitungan alat mulai dari pengambilan nilai oleh sensor sampai alat dapat menghasilkan hasil klasifikasi adalah rata-rata sebesar 2387,6 ms.

**Kata kunci:** *Ultra High Temperature, sensor, IoT, akurasi, sampel*

**How to Cite This Article:** Wicaksono, D., Susanty, A., & Isnanto, R. R. (2025). Desain dan Perakitan Purwarupa Milkotester Berbasis IoT untuk Klasifikasi Susu Sapi UHT sebagai Daya Dukung K3L. *JPII*, 3(6), 404-415. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2025.26867>

## PENDAHULUAN

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) telah menunjukkan perhatian yang signifikan terhadap pengurangan risiko kesehatan masyarakat yang terkait dengan penjualan produk olahan susu (Sharifan et al., 2021). Konsumsi susu dan produk olahan susu terus meningkat di seluruh dunia. Tidak hanya susu, produk olahan susu juga merupakan sumber gizi yang penting bagi manusia (Barros et al., 2020). Selain itu, susu juga memberikan peluang mata pencaharian bagi petani, pengolah, pemilik toko dan pemangku kepentingan lain dalam rantai nilai susu (Park & Haenlein, 2013). Terdapat berbagai macam susu yang tersedia di pasaran, seperti susu sapi, susu nabati, susu bayi dan lain sebagainya. Saat ini, susu sapi lebih banyak dikonsumsi dibandingkan susu nabati; 81% susu sapi, 15% susu kerbau dan 4% susu kambing, domba dan unta (Handford et al., 2015).

Pada tingkat global, konsumsi susu sapi semakin meningkat. Berbagai negara (misalnya Asia – Timur Tengah, Oceania, Afrika, Eropa (lainnya – di luar Uni Eropa), Amerika Tengah Selatan dan Karibia, Amerika Utara, Asia dan Uni Eropa) memproduksi susu untuk memenuhi permintaan ini (Muehlhoff, 2014). Demikian pula, produk susu seperti mentega, keju, yogurt, krim (krim kental, krim asam, dll.), es krim, whey, kasein dan lain sebagainya menciptakan permintaan yang signifikan terhadap suplai susu.

Susu dapat menjadi tidak layak karena adanya perubahan lingkungan yang dapat berujung pada keracunan pada seseorang. Susu juga dapat menjadi tidak layak karena proses pemanasan yang tidak sempurna dan masih menyisakan beberapa bakteri yang dapat mempercepat pembusukan tanpa kita ketahui meskipun tanggal kadaluarsanya masih lama (Olsen et al., 2021). Terdapat banyak cara untuk memastikan kelayakan susu, seperti mencicipinya, menciumnya dan melihat warnanya. Namun memastikan kelayakan susu dengan cara tersebut dikatakan kurang efektif karena akan

menimbulkan efek negatif, terutama jika tertelan. Karena hal tersebut timbul keraguan dalam mengetahui secara pasti apakah susu tersebut masih dalam kondisi layak atau sudah membusuk (Azizah et al., 2023).

Tingginya permintaan susu dan produk olahan susu menyebabkan beberapa pemasok cenderung melakukan praktik penipuan seperti memasukkan bahan yang tidak layak konsumsi ke dalam susu untuk memenuhi kesenjangan permintaan-penawaran. Pemalsuan pada susu dan produk olahan susu menjadi perhatian global (Handford et al., 2015). Masyarakat dan bayi mengonsumsi susu yang tercemar melamin pada periode ini, yang mengakibatkan banyaknya penyakit. Keracunan merupakan suatu kondisi ketika makanan atau minuman yang dikonsumsi telah terkontaminasi oleh bakteri, virus, parasit, atau zat kimia berbahaya (Gosner et al., 2009). Keracunan sendiri dapat menimbulkan beberapa akibat, pada kasus yang ringan dapat menyebabkan diare, sakit perut, muntah dan mual, kemudian pada kasus yang berat dapat menyebabkan gagal ginjal, kerusakan saraf dan otak, bahkan dapat berujung pada kematian. Meski susu memiliki segudang manfaat, jika pengolahannya tidak dilakukan dengan benar, susu dapat menyebabkan keracunan (Yang & Battle, 2008). Kasus keracunan massal murid taman kanak-kanak di Tegal merupakan salah satu contoh kasus keracunan susu, padahal susu tersebut baru diolah pada malam sebelumnya.

Untuk mengetahui kelayakan susu UHT dapat dilakukan dengan melakukan uji lab, namun kurang efektif dan data yang diperoleh dalam proses tersebut kurang cepat. Dengan menggunakan parameter pH, gas amonia dan warna dapat dijadikan acuan untuk mengetahui apakah susu UHT masih layak atau tidak layak untuk dikonsumsi. Berdasarkan kejadian yang terjadi di lapangan, maka dirancanglah suatu alat dengan 3 sensor yaitu sensor pH, gas dan warna yang diharapkan dapat mengurangi masalah keracunan dan keraguan

dalam mengonsumsi susu sapi UHT. Terdapat penelitian terdahulu yang berjudul Perancangan dan Konstruksi Alat Deteksi Kelayakan Susu Sapi dan Susu Kedelai Menggunakan Sensor pH dan temperatur Berbasis Arduino yang diteliti oleh Izzaty (2021), pada penelitian tersebut diciptakan suatu alat yang dapat mendeteksi kelayakan susu sapi dan susu kedelai dengan parameter temperatur dan pH. Data pH susu sapi selama 120 menit diketahui bahwa susu sapi menjadi tidak layak konsumsi dengan nilai pH 6,28.

Kemudian Dhoble et al. (2015) telah menjelaskan metode deteksi infeksi pada susu mentah dan olahan dengan menerapkan sistem berbasis sensor elektronik. Sistem sensor elektronik terdiri dari unit penerima dan pemancar sinyal inframerah (IR) dan sensor pH. Unit pemancar dan penerima sinyal IR ditempatkan di sisi berlawanan dari media yang berisi susu. Sinyal dengan frekuensi tertentu dilewatkan melalui cairan yang diterima di ujung penerima modul. Mengenai populasi bakteri dalam susu, sinyal keluaran bervariasi karena perubahan komposisi susu. Sampel susu yang sama kemudian diuji dengan sensor pH dan metode klasik deteksi infeksi (penghitungan populasi bakteri) untuk membandingkan hasil deteksi. Nilai pH sampel susu olahan bervariasi dari 6,12 hingga 4,3 selama rentang waktu 4 hari sementara susu yang tidak diproses berkisar antara 6,84 hingga 4,08. Hasil menunjukkan bahwa pH susu menurun seiring meningkatnya infeksi susu. Selain itu, sistem berbasis sensor elektronik menghasilkan hasil deteksi yang signifikan jika dibandingkan dengan teknik deteksi konvensional. Sedangkan pada penelitian ini penulis akan menggunakan metode klasifikasi *naive bayes*, serta penggunaan parameter pH, bau dan warna susu. Sistem penelitian ini menggunakan metode klasifikasi *naive bayes* yang merupakan salah satu metode pengklasifikasian data dengan probabilitas dan statistika yang mudah untuk diimplementasikan. Metode klasifikasi ini dapat digunakan untuk menghitung data yang tidak konsisten, penggunaan metode ini dapat digunakan guna mengetahui kelayakan susu sapi UHT yang aman dan dapat dikonsumsi. Oleh karena itu, untuk menjawab permasalahan yang telah dijelaskan, penulis melakukan penelitian dengan tema klasifikasi kelayakan susu sapi UHT berdasarkan pH, warna dan bau menggunakan metode *naive bayes* berbasis perangkat mikrokontroler WeMos. Sehingga diharapkan identifikasi terhadap kelayakan dan kasus keracunan dari susu UHT yang tidak layak dapat diminimalkan dengan melakukan pengecekan terhadap sebagian susu pada alat tersebut tanpa harus terlebih dahulu mengonsumsi susu yang sudah tidak memenuhi syarat yang nantinya akan memberikan efek negatif bagi konsumen. Sedangkan tujuan penelitian ini adalah: 1) mengetahui kelayakan susu UHT dari sampel yang diujikan, 2) karakteristik sensor yang digunakan selama penelitian, 3) waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh sistem untuk memproses data,

4) mekanisme pengambilan data oleh sistem hingga dapat ditampilkan oleh pengguna.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan guna mendukung SDG 3 berbunyi “Kehidupan sehat dan sejahtera” yang bertujuan untuk menjamin kehidupan yang sehat dan meningkatkan kesejahteraan seluruh penduduk semua usia. Salah satu aspek yang diwujudkan adalah pada tahun 2030 (Bappenas, 2024) secara substansial mengurangi jumlah kematian dan kesakitan akibat bahan kimia berbahaya serta polusi dan kontaminasi udara, air dan tanah dan memperkuat kapasitas semua negara, khususnya negara-negara berkembang, untuk peringatan dini, pengurangan risiko dan manajemen risiko kesehatan nasional dan global secara langsung dibuat secara sederhana oleh purwarupa pintar dalam penelitian ini. Hal tersebut memiliki banyak manfaat, yang dapat diproduksi pada umumnya dengan komponen yang mudah ditemukan di sekitar kita seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



**Gambar 1.** Desain skematis untuk memungkinkan hidup sehat melalui penerapan SDG 3

Standar yang diterapkan dapat digunakan untuk mengategorikan kualitas susu dengan memanfaatkan platform IoT di antaranya:

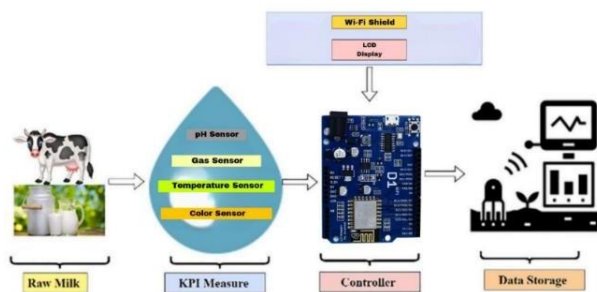
- *Perception level:* Sasaran tingkat ini adalah untuk memperoleh data untuk lingkungan dan sensor. Dalam hal evaluasi kualitas susu, temperatur merupakan faktor lingkungan dan sensor pH serta EC digunakan untuk mengumpulkan kualitas sampel susu.
- *Network level:* Dalam mode operasi, jaringan terutama bertugas membangun koneksi antara setiap sensor dan algoritma jaringan pintar lainnya. Data sensor diproses, dikirim dan diterima menggunakan kemampuan ini.
- *Application level:* Pemberian layanan virtual atau khusus kepada pengguna. Oleh karena itu, ini merupakan lapisan abstraksi yang menawarkan teknik antarmuka dan protokol komunikasi bersama yang digunakan oleh host.

Gambar 2 menunjukkan diagram blok sistem yang memiliki input berupa DFRobot Gravity pH Sensor Meter Pro V2 yang akan membaca nilai pH suatu objek berupa susu sapi UHT, kemudian sensor gas TGS2600 yang akan membaca kadar gas amonia pada objek tersebut dalam satuan PPM dan sensor warna TCS3200 yang akan membaca nilai warna pada susu. Nilai dari *input* sensor

tersebut selanjutnya akan diolah menggunakan mikrokontroler WeMos D1 R1 untuk selanjutnya diklasifikasikan menggunakan metode klasifikasi *naïve bayes*. Setelah proses klasifikasi pada mikrokontroler selesai, pada tahap *output* terdapat dua komponen *output* yaitu LCD 20×4 dan *buzzer*.

### Komponen Utama

Tujuan perancangan perangkat keras adalah untuk memastikan bahwa sistem dibuat sesuai rencana dan untuk memahami cara kerja keseluruhan sistem, dalam perancangan perangkat keras terdapat perancangan purwarupa yang dibuat menggunakan aplikasi. Perangkat berbasis IoT yang diusulkan untuk pemantauan kualitas susu terdiri dari sejumlah bagian utama, termasuk mikrokontroler WeMos D1 R1, Sensor Gas TGS 2600, DFRobot Gravity pH Sensor Meter Pro V2, sensor Warna TCS3200, sensor temperatur cairan DS18B20 dan Sensor Gas TGS 2600. Skema sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



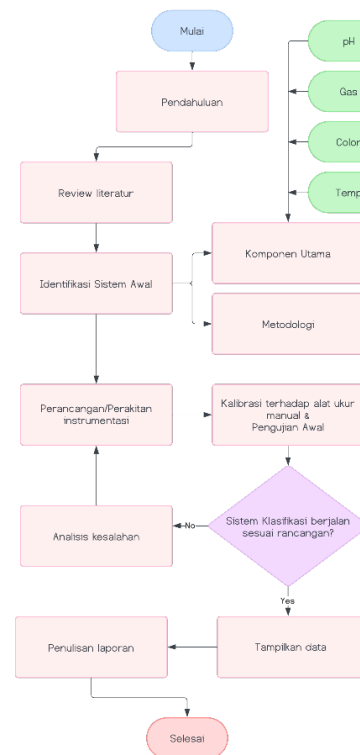
Gambar 2. Rancangan perangkat keras keseluruhan

Posisi sensor pada sistem ini ditempatkan pada gelas dan berada pada sisi kiri kotak pengendali, DFRobot Gravity pH Sensor Meter Pro V2 diletakkan di atas gelas untuk mengambil nilai pH susu, kemudian sensor gas TGS2600 diletakkan di belakang gelas dengan jarak kurang lebih 1 cm untuk mengambil nilai kadar gas amonia, kemudian sensor warna TCS3200 diletakkan di sisi kanan gelas untuk mengambil nilai warna susu dengan jarak  $\pm 2$  cm. Keseluruhan data yang didapatkan diolah menggunakan metode kuantitatif. Sedangkan posisi LCD 20×4 berada pada sisi kanan, posisinya berbeda dengan komponen *input* agar memudahkan pengguna dalam membaca hasil klasifikasi dan posisi *buzzer* berada di seberang belakang LCD 20×4.

### Rancangan Sistem

Dalam rancangan sistem, alur kerja sistem secara keseluruhan dijelaskan dari awal hingga sistem dapat mengklasifikasikan sampel uji. Dalam proses perancangan, terdapat diagram alir dari sistem yang dibuat. Informasi rinci untuk setiap bagian ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini. Terdapat beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini. Pendahuluan dibahas pada bagian awal bersama dengan berbagai

bentuk kualitas dan produksi susu sapi perah global saat ini beserta analisis literatur yang dibahas tentang penelitian sebelumnya yang digunakan dalam penelitian ini. Kemudian untuk mengidentifikasi kualitas melalui penggunaan sensor yang mudah ditemukan di sekitar. Selain itu, perancangan sistem yang digunakan untuk membuat perangkat deteksi kualitas serta kalibrasi dilakukan dengan alat ukur sebenarnya. Selanjutnya, menyelidiki model klasifikasi yang digunakan dalam desain ini apakah sudah berjalan dengan benar, jika sudah benar maka hasil dapat ditampilkan ke sisi pengguna hingga penulisan laporan.



Gambar 3. Diagram alir utama penelitian

### Proses Klasifikasi *Naïve Bayes*

Seperti yang terlihat pada Gambar 3, sistem pendeteksi kondisi susu sapi UHT diawali dengan mendeklarasikan variabel dan pin yang akan digunakan oleh masing-masing sensor. Kemudian masing-masing sensor akan membaca nilai sinyal analog. Setelah nilai masing-masing sensor didapatkan, sistem akan melakukan klasifikasi menggunakan klasifikasi *naïve bayes*. Setelah klasifikasi selesai, sistem akan menampilkan hasil kondisi susu sapi UHT pada layar LCD dan mengeluarkan suara dari *buzzer*. Pada Gambar 3 terdapat fungsi klasifikasi *naïve bayes* yang memuat persamaan untuk metode ini, yang dicari pertama kali adalah probabilitas prior seperti yang terlihat pada Persamaan (1).

$$P(Y) = \frac{\text{data on class } Y}{\text{total data in all class}} \quad (1)$$

Setelah mendapatkan nilai probabilitas prior, langkah selanjutnya adalah mencari probabilitas *likelihood* yang diperoleh dengan menggunakan Persamaan (2).

$$P(X_i = x_i | Y = y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{ij}^2}} e^{-\frac{(x_i - \mu_{ij})^2}{2\sigma_{ij}^2}} \quad (2)$$

Kemudian langkah selanjutnya setelah mendapatkan nilai probabilitas prior dan setiap probabilitas *likelihood* dari setiap parameter adalah mencari probabilitas posterior untuk mengetahui hasil akhir klasifikasi menggunakan Persamaan (3).

$$P(Y|X) = P(Y) \prod_{i=1}^q P(X_i|Y) \quad (3)$$

### Support Vector Machine (SVM)

SVM merupakan algoritma *machine learning* yang membentuk daerah kelas dengan menerapkan fungsi *hyperplane* pada data. *Hyperplane* adalah fungsi yang digunakan untuk memisahkan kelas yang ada. SVM melabelkan kelas data berdasarkan lokasi. Algoritma ini pada umumnya digunakan untuk *dataset* besar dan menjadi populer karena kemampuan mereka untuk mengklasifikasikan data numerik maupun teks. *Hyperplane* yang memiliki ukuran margin yang sama dan tidak cenderung mendekati area kelas tertentu adalah hasil dari algoritma SVM. Hal ini dapat dicapai dengan mengukur margin dan mencari titik maksimalnya. Pencarian *hyperplane* terbaik sebagai pemisah antar kelas adalah inti dari metode SVM. Metode ini sendiri memiliki 3 atau lebih model pendekatan menggunakan kernel di antaranya: kernel radial, linier dan sigmoid, sedangkan pada penelitian ini digunakan metode SVM dengan kernel linear.

### Langkah Evaluasi

Tujuan evaluasi penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah model yang diusulkan bekerja atau tidak, *confusion matrix* digunakan untuk mengevaluasi model klasifikasi dalam penelitian ini. Tabel *confusion matrix* menunjukkan jumlah data uji yang diklasifikasikan dengan benar dan jumlah data uji yang diklasifikasikan dengan salah. Sedangkan dalam penelitian ini menggunakan *confusion matrix* 2x2. Pada matriks tersebut terdapat 4 istilah nilai hasil klasifikasi yang akan digunakan untuk menghitung nilai akurasi, presisi, *recall* dan *f1-score*, yaitu *true positive* (TP), *true negative* (TN), *false positive* (FP) dan *false negative* (FN) yang dapat dihitung dengan Persamaan (4)-(7).

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (4)$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (5)$$

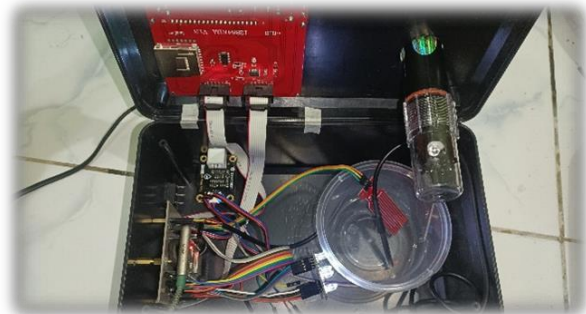
$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (6)$$

$$f1 - \text{score} = \frac{2 \times \text{presisi} \times \text{recall}}{\text{presisi} + \text{recall}} \quad (7)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Implementasi dan Pengujian Sistem

Implementasi sistem perangkat keras mengacu pada perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat. Implementasi akan memenuhi setiap fungsi sistem yang dibuat yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Purwarupa sistem; tampilan depan



Gambar 5. Purwarupa sistem; tampilan atas

Dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 terdapat komponen *input* dan *output* yang sudah terhubung dengan mikrokontroler WeMos D1 R1, komponen inputnya yaitu Probe E-201C yang terhubung dengan modul DFRobot Gravity pH Sensor Meter Pro V2 melalui konektor BNC untuk dapat mendeteksi nilai pH larutan, kemudian sensor gas TGS2600 yang digunakan untuk mendeteksi kadar gas amonia, kemudian sensor warna TCS3200 yang digunakan untuk mendeteksi warna objek, kemudian terdapat komponen output berupa LCD 20x4 dengan modul i2c untuk menampilkan hasil pembacaan sensor dan hasil klasifikasi serta *buzzer* yang digunakan untuk memberitahukan jika pembacaan telah selesai dan membedakan hasil klasifikasi.

### Pengujian Sensor pH

DFRobot Gravity pH Sensor Meter Pro V2 merupakan sensor yang berfungsi untuk membaca nilai pH pada susu yang terdeteksi. Pengujian sensor ini dilakukan dengan cara membaca nilai pH yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil pembacaan pH

menggunakan pH meter. Nilai pH dari hasil pembacaan sensor dan pH meter akan dihitung selisihnya untuk mengetahui kesalahan pembacaan yang terjadi. Tujuan dari pengujian DFRobot Gravity pH Sensor Meter Pro V2 adalah untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam membaca nilai pH pada larutan susu.

**Tabel 1.** Hasil Pembacaan Sensor pH

No	Sensor pH	Alat Pengukur pH	Kesalahan (%)
1	6,66	6,60	0,40%
2	6,67	6,50	1,11%
3	6,10	6,00	0,60%
4	6,57	6,60	0,20%
5	6,59	6,60	0,07%
6	6,82	6,70	0,80%
7	6,35	6,30	0,31%
8	6,54	6,40	0,90%
9	6,03	6,10	0,43%
10	5,87	6,90	0,18%
Rata-rata			0,50%

Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1 setelah dilakukan pengujian dan pencatatan data, terdapat perbedaan antara hasil pengukuran yang diukur oleh sensor dan pH meter didapatkan rata-rata kesalahan dari pengujian DFRobot Gravity pH Sensor Meter Pro V2 sebesar 0,50%. Nilai persentase kesalahan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (8).

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|x_t - y_t|}{x_t}}{n} \times 100\% \quad (8)$$

$$= \frac{0,20\% + 0,07\% + 0,80\% + 0,40\% + 1,11\% + 0,60\% + 0,31\% + 0,90\% + 0,43\% + 0,18\%}{10} \times 100\%$$

$$= 0,50\%$$

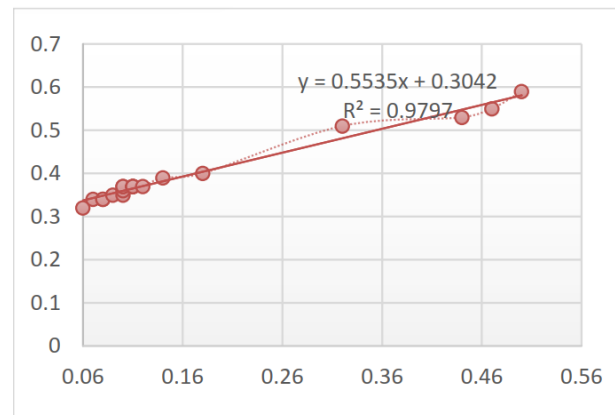
### Pengujian Sensor Gas

Sensor gas TGS 2600 merupakan sensor yang berfungsi untuk membaca nilai kadar gas amonia pada susu yang terdeteksi. Pengujian sensor ini dilakukan dengan cara membaca nilai kadar gas amonia dan nilai tegangan keluaran sensor saat mendeteksi gas amonia. Tujuan pengujian sensor gas TGS 2600 adalah untuk mengetahui hubungan antara nilai kadar gas amonia dengan nilai tegangan keluaran berdasarkan karakteristik sensor TGS 2600 pada *datasheet*.

**Tabel 2.** Hasil Pembacaan Sensor Gas

No	PPM	Tegangan (V)
1	0,06	0,32
2	0,08	0,34
3	0,08	0,34
4	0,09	0,34
5	0,10	0,35
6	0,11	0,35
7	0,11	0,36
8	0,11	0,37

9	0,11	0,37
10	0,11	0,37
11	0,11	0,37
12	0,11	0,37
13	0,11	0,37
14	0,12	0,37
15	0,17	0,39
16	0,19	0,40
17	0,34	0,51
18	0,40	0,53
19	0,47	0,55
20	0,50	0,59



**Gambar 6.** Korelasi antara kadar PPM amonia terhadap tegangan keluaran sistem

Seperti terlihat pada Gambar 6 dan Tabel 2, berdasarkan lembar data sensor TGS2600 yang merupakan sensor resistif, semakin tinggi nilai PPM yang dihasilkan, semakin tinggi pula nilai tegangan yang dihasilkan. Gambar 6 menunjukkan grafik korelasi antara nilai pembacaan kadar gas amonia dengan tegangan keluaran. Pada grafik tersebut terdapat nilai  $y = 0,5535x + 0,3042$  yang merupakan model regresi daya antara variabel Volt dan PPM, kemudian terdapat nilai  $R^2 = 0,9797$  yang merupakan koefisien determinasi yang artinya variabel amonia PPM dipengaruhi oleh variabel  $V_{out}$  sebesar 97,78% dan sisanya sebesar 0,98% konsentrasi amonia dipengaruhi oleh variabel lainnya.

### Pengujian Sensor Warna

Sensor warna TCS3200 merupakan sensor yang berfungsi untuk membaca nilai R, G dan B dari susu yang terdeteksi. Pengujian sensor ini dilakukan dengan cara membaca nilai R, G dan B yang nantinya akan dibandingkan dengan menggunakan *tool color picker* pada aplikasi Photoshop. Nilai R, G dan B dari hasil pembacaan sensor dan aplikasi Photoshop akan dihitung selisihnya untuk mengetahui kesalahan pembacaan yang terjadi.

**Tabel 3.** Hasil Pembacaan Sensor Warna

No	Sensor Warna			Pemilih Warna		
	R	G	B	R	G	B
1	222	214	211	226	217	221
2	227	224	212	219	214	210
3	213	212	191	223	220	204
4	232	225	217	225	223	211
5	232	228	216	234	224	223
6	203	199	172	197	196	168
7	232	230	211	218	216	197
8	234	233	224	221	219	206
9	232	229	221	227	222	199
10	233	228	216	232	223	201

Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 setelah dilakukan pengujian dan pencatatan data, terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dengan sensor dan alat *color picker* pada aplikasi Photoshop. Maka digunakan Persamaan (4) untuk menghitung kesalahan sensor warna seperti yang terlihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perhitungan kesalahan sensor warna

No	R	G	B	Rata-rata
1	1,75%	1,37%	4,52%	2,55%
2	3,64%	4,67%	0,93%	3,08%
3	4,48%	3,63%	6,38%	4,83%
4	3,10%	0,88%	2,83%	2,27%
5	0,83%	1,77%	3,13%	1,91%
6	3,04%	1,51%	12,28%	5,61%
7	6,43%	6,49%	7,12%	6,68%
8	5,88%	6,40%	2,27%	4,85%
9	2,19%	3,14%	6,04%	3,79%
10	0,41%	2,23%	7,48%	3,37%
Rata-rata	3,18%	3,20%	5,30%	3,89%

Pada Tabel 4 diperoleh rata-rata masing-masing fitur RGB dengan rata-rata fitur R sebesar 3,18%, kemudian G sebesar 3,21% dan B sebesar 5,30% serta total rata-rata kesalahan sensor TCS3200 sebesar 3,89%.

**Pengujian Sensor Temperatur**

Seerti yang telah disebutkan sebelumnya, perangkat yang dikembangkan menggunakan sensor temperatur DS18B20 untuk mengukur temperatur sampel susu. Dalam hal ini, temperatur memiliki hubungan linier

dengan rentang yang kecil (0°C hingga 50°C) untuk memperoleh persamaan kesetimbangan termal dengan temperatur akhir ( $T_f$ ) seperti yang dinyatakan dalam Persamaan (9). Temperatur akhir sistem akan ditentukan ketika semua sensor kontak dan susu berada dalam kesetimbangan termal untuk menghasilkan pembacaan nilai temperatur yang stabil.

$$T_f = \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2} \tag{9}$$

dengan  $m_1$  adalah massa sensor temperatur (kg),  $c_1$  adalah kapasitas panas spesifik sensor temperatur yang bersentuhan dengan larutan (J/Kg × K),  $T_1$  adalah temperatur awal sensor temperatur (Kelvin),  $m_2$  adalah massa susu (kg),  $c_2$  adalah kapasitas panas spesifik susu (J/Kg × K),  $T_2$  adalah temperatur awal susu (Kelvin) dan  $T_f$  adalah temperatur akhir sistem (Kelvin). Memahami hubungan linier antara temperatur dan resistansi untuk sensor temperatur DS18B20, dapat diperoleh Persamaan (10).

$$R_t = R_0(1 + A_t + B_t t^2) \tag{10}$$

dengan  $A_t = 3,9083 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $B_t = -5,775 \times 10^{-7}$  dan  $R_0$  adalah temperatur pada 0°C.

Sensor temperatur digunakan dalam konfigurasi pembagi tegangan dengan resistor 1 K ohm; maka  $V_t$  dapat diperoleh seperti Persamaan (11):

$$V_t = V_{ref} \left( \frac{R_t}{R_t + R_0} \right) \tag{11}$$

**Pengujian Algoritma Klasifikasi**

Model klasifikasi mempunyai fungsi utama yaitu mampu melakukan klasifikasi kondisi kelayakan konsumsi susu sapi UHT. Setelah dilakukan tahapan pengumpulan data dan pemrosesan terhadap *dataset* sensor menggunakan metode *naïve bayes* dan SVM maka didapatkan hasil pengujian berupa nilai *accuracy*, *precision* dan *recall*. Berikut ini merupakan penjabaran hasil dari pengujian kedua pendekatan model algoritma klasifikasi sebagai berikut menggunakan 20 data uji. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan proses pengukuran dan klasifikasi pada 1 susu yang sama dengan rentang waktu 1 menit tiap pengambilan data uji untuk dapat menguji tingkat konsistensi pembacaan sensor dan menguji validitas dari model klasifikasi yang sudah dirancang. Tabel 5 dan 6 menunjukkan hasil pengujian kedua metode klasifikasi.

**Tabel 5.** Hasil klasifikasi *naïve bayes* untuk data uji pada data susu yang sama

Uji Nb	Tingkat Keasaman (pH)	NH <sub>3</sub>	R	G	B	Suhu	Kelas	Nilai Aktual	Keterangan
1	6,81	0,12	220	210	189	26	L	L	S
2	6,65	0,10	224	217	210	27	L	L	S
3	6,76	0,12	235	231	221	27	L	L	S
4	6,62	0,19	220	210	189	28	L	L	S
5	6,54	0,10	224	217	203	27	L	L	S
6	6,62	0,09	235	228	216	27	L	L	S
7	6,58	0,1	237	226	211	28	L	L	S
8	6,79	0,11	235	231	221	27	L	L	S

9	6,62	0,10	220	210	189	28	L	L	S
10	6,66	0,12	245	242	235	27	L	L	S
11	6,64	0,09	242	234	217	27	L	L	S
12	6,58	0,14	233	228	222	27	L	L	S
13	6,59	0,14	231	224	212	28	L	L	S
14	6,19	0,31	230	226	222	27	T/L	T/L	S
15	6,20	0,40	227	218	199	27	T/L	T/L	S
16	6,34	0,48	201	190	178	27	T/L	T/L	S
17	6,11	0,45	231	224	212	27	T/L	T/L	S
18	6,63	0,21	227	218	199	28	L	T/L	T/S
19	6,54	0,21	227	218	199	27	L	T/L	T/S
20	6,71	0,08	201	190	178	27	T/L	L	T/S

Tabel 6. Hasil Klasifikasi SVM untuk data uji pada data susu yang sama

Uji Nb	Tingkat Keasaman (pH)	NH <sub>3</sub>	R	G	B	Suhu	Kelas	Nilai Aktual	Keterangan
1	6,81	0,12	220	210	189	26	L	L	S
2	6,65	0,10	224	217	210	27	L	L	S
3	6,76	0,12	235	231	221	27	L	L	S
4	6,62	0,19	220	210	189	28	L	L	S
5	6,54	0,10	224	217	203	27	L	L	S
6	6,62	0,09	235	228	216	27	L	L	S
7	6,58	0,1	237	226	211	28	L	L	S
8	6,79	0,11	235	231	221	27	L	L	S
9	6,62	0,10	220	210	189	28	L	L	S
10	6,66	0,12	245	242	235	27	L	L	S
11	6,64	0,09	242	234	217	27	L	L	S
12	6,58	0,14	233	228	222	27	L	L	S
13	6,59	0,14	231	224	212	28	L	L	S
14	6,19	0,31	230	226	222	27	T/L	L	T/S
15	6,20	0,40	227	218	199	27	T/L	T/L	S
16	6,34	0,48	201	190	178	27	T/L	T/L	S
17	6,11	0,45	231	224	212	27	T/L	T/L	S
18	6,63	0,21	227	218	199	28	L	T/L	T/S
19	6,54	0,21	227	218	199	27	L	T/L	T/S
20	6,71	0,08	201	190	178	27	T/L	L	T/S

Keterangan hasil pengujian:

L: Layak

S: Sesuai

T/L: Tidak Layak

T/S: Tidak Sesuai

Berdasarkan Tabel 5 dan 6 terdapat 20 data uji, terdapat kelas Layak dan Tidak Layak. Pada Tabel 5 terdapat 3 data uji yang tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya, berbeda dengan Tabel 6 yang terdapat 4 data uji yang tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya, sehingga hasil perhitungan akurasi, presisi, *recall* dan *f1-score* sistem yang diperoleh dengan menggunakan kedua algoritma klasifikasi dapat dilihat seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan hasil perhitungan akurasi, presisi, *recall* dan *f1-score*

Evaluasi	Naïve bayes	SVM
Akurasi	85%	80%
Presisi	0,87	0,81
Recall	0,93	0,90
<i>f1-score</i>	0,90	0,87

Hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode klasifikasi *naïve bayes* memiliki hasil nilai akurasi, presisi, *recall* dan *f1-score* yang lebih unggul sebesar 5,00%, 0,06, 0,02 dan 0,03 terhadap model klasifikasi SVM.

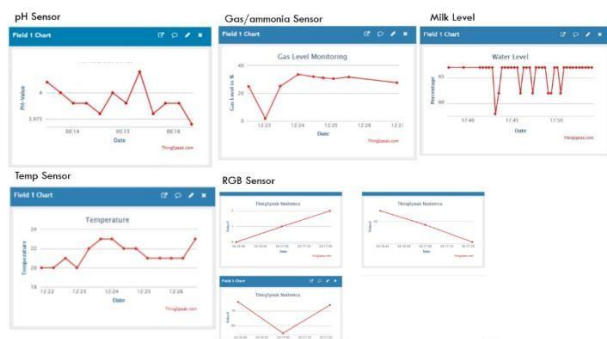
#### Pengujian Waktu Komputasi

Waktu komputasi pemrosesan sistem adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk melakukan satu siklus pada sistem klasifikasi kelayakan susu sapi UHT. Tujuan pengujian waktu komputasi pemrosesan sistem adalah untuk mengetahui waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh sistem untuk memproses data menggunakan metode klasifikasi *naïve bayes* dalam satu siklus.

**Tabel 8.** Waktu perhitungan rata-rata

Pengujian	Waktu Komputasi (ms)
Tes ke-1	2179
Tes ke-2	2198
Tes ke-3	2175
Tes ke-4	2198
Tes ke-5	2173
Tes ke-6	2197
Tes ke-7	2174
Tes ke-8	2198
Tes ke-9	3181
Tes ke-10	3203
Rata-rata	2387,6

Berdasarkan 10 kali pengujian terhadap waktu komputasi sistem seperti terlihat pada Tabel 8, rata-rata waktu komputasi sistem untuk memproses dan menampilkan hasil klasifikasi adalah 2387,6 ms atau sekitar 2,387 detik. Pengujian waktu komputasi dilakukan dengan menggunakan fungsi millis() yang dilakukan dengan cara mengurangi nilai waktu akhir dengan nilai waktu awal. Pada pengujian ke-1 sampai ke-8 diketahui waktu komputasinya sekitar 2 detik yang mana hal ini dipengaruhi oleh *buzzer* yang bekerja selama 500 ms atau 0,5 detik apabila kondisi yang dihasilkan layak dan pada pengujian ke-9 dan ke-10 diketahui waktu komputasinya sekitar 3 detik karena dipengaruhi oleh *buzzer* yang bekerja selama 1000 ms atau 1 detik apabila kondisi yang dihasilkan tidak layak. Kemudian perangkat purwarupa ini diintegrasikan dengan *platform* web IoT yang datanya dari purwarupa diarahkan dan disimpan di Thing Speak™ menggunakan modul Wi-Fi ESP8266. Hasil daring dikembangkan menggunakan aplikasi web penyimpanan daring yang menggunakan modul Wi-Fi untuk berkomunikasi dengan server dan mengirimkan data sensor dalam bentuk "medan" ke aplikasi web. Gambar 7 menunjukkan data untuk pH dan nilai parametrik lainnya yang dikirim dari perangkat ke *cloud*. Hal ini dilakukan untuk mengakses data dari mana saja saat pemantauan kualitas susu dilakukan.



**Gambar 7.** Tangkapan layar aplikasi web ThingSpeak™ untuk hasil pengambilan sensor

**Perancangan Purwarupa Berdasarkan Prinsip K3L dan Etika Profesional**

Perancangan Purwarupa Milkotester merupakan salah satu dari objek K3 dan sebaiknya memenuhi aspek K3 agar dapat menjamin keselamatan pengguna dan lingkungan kerja (Rosmiati, 2023). Proses untuk pemilihan komponen penghantar merupakan hal yang penting. Penghantar tidak boleh menerima arus yang lebih besar dari arus maksimal. Tabel *american wire gauge* (AWG) dapat digunakan sebagai panduan guna mengetahui ukuran kabel penghantar beserta kemampuan hantarnya (Hamiddin, 2018). Selain memilih kabel penghantar yang tepat, spesifikasi penghantar pada *printed circuits board* (PCB) juga perlu dipertimbangkan. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9 menjelaskan standar ketebalan dan lebar jalur yang ditetapkan untuk nilai arus tertentu digunakan pada PCB serta dapat digunakan tenol pada jalur untuk memperkuat jalur PCB dari arus besar.

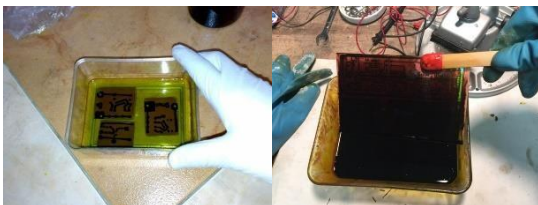
**Tabel 9.** Standar IPC (asosiasi dagang industri interkoneksi elektronik) untuk PCB (Jones, 2004)

Tabel referensi lebar jalur (untuk kenaikan temperatur 10°C)			
Lebar jalur dalam satuan Thous (mils)			
Arus listrik (Amps)	Lebar untuk 1 oz/ft <sup>2</sup> (Thou)	Lebar untuk 2 oz/ft <sup>2</sup> (Thou)	Milli ohms/Inchi
1	10	5	52
2	30	15	17,2
3	50	25	10,3
4	80	40	6,4
5	110	55	4,7
6	150	75	3,4
7	180	90	2,9
8	220	110	2,3
9	260	130	2,0
10	300	150	1,7

Berdasarkan Tabel 9, ketebalan lapisan PCB menggunakan satuan *ounces per squarefoot* (oz/ft<sup>2</sup>) dan lebar jalur dengan satuan thou. Melalui pembacaan tabel tersebut dapat diketahui bahwa dalam menentukan ketebalan lapisan (*layer*) tembaga pada PCB dengan ketebalan 1 oz/ft<sup>2</sup> (300 g/m<sup>2</sup>), 2 oz/ft<sup>2</sup> (600 g/m<sup>2</sup>), jika arus yang dilewatkan pada PCB adalah sebesar 6 ampere maka diperlukan lebar minimal yang disarankan adalah sebesar 150 thou pada ketebalan 1 oz/ft<sup>2</sup> dan 75 thou untuk 2 oz/ft<sup>2</sup> (dengan konversi 100 thou sebanding dengan 10<sup>-1</sup> inci atau 2,54 mm. Pembuatan jalur *layout* PCB menggunakan perangkat lunak proteus dilaksanakan di laboratorium menggunakan PC sebelum mencetak hasil dari proses *layouting* untuk diterapkan dalam papan PCB. Implementasi K3L terkait posisi duduk di depan komputer seperti peralatan *keyboard* pada posisi sama

tinggi dengan siku agar membuat nyaman gerakan tangan dan jari sehingga dapat mengurangi ketegangan otot dan persendian. Posisi kepala dan punggung diatur pada kondisi tegak. Posisi kepala dan leher berada pada posisi tegak dengan wajah menghadap ke layar monitor, usahakan garis pandang dari mata tegak lurus pada monitor. Posisi leher tidak membungkuk untuk menghindari keram di leher atau sakit kepala, serta mengatur pencahayaan monitor ketika melakukan proses *layouting* PCB. Standar pembuatan purwarupa perlu diperhatikan selain standar komponen agar aman dioperasikan.

Berdasarkan etika profesional, karena terpapar langsung dengan bahan beracun, proses *etching* PCB harus menggunakan Alat Perlindungan Diri (APD) secara lengkap (LaDou, 2006) dengan kelengkapan berupa masker, kaca mata, *wearpack* dan sarung tangan karet seperti yang ditunjukkan Gambar 8. Selain itu, ketika proses *etching* berlangsung harus berada di area terbuka atau tidak jauh dengan *exhaust* jika berada di dalam ruangan dan memiliki aliran air di dekatnya. Hal ini diperhatikan sebagai akibat dari proses *etching* yang menggunakan campuran cairan kimia diantaranya HCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Ketiga cairan tersebut jika digabungkan tanpa peralatan pengaman akan menyebabkan bau yang menyengat dan membuat hidung sakit jika terhirup, sedangkan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> akan menyebabkan kulit terbakar dan mata perih jika mengenainya sehingga perlu dibasuh dengan air murni jika terkena agar perihnya mereda. Kemudian peralatan yang digunakan selama *etching* dilarang menggunakan bahan logam karena akan membuat bereaksi dengan cairan kimia tersebut. Oleh karena itu, peralatan yang digunakan terbuat dari plastik dan kaca sehingga residu yang dihasilkan sebagai dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan (Park, 2018).



Gambar 8. Proses *etching* PCB

Langkah selanjutnya adalah untuk menyambungkan antar komponen elektronik, penggunaan solder untuk koneksi pada PCB adalah proses penting dalam perakitan elektronik. Proses dimulai dari menyalakan *soldering iron* dan biarkan memanaskan selama beberapa menit. Pastikan temperatur ideal (biasanya sekitar 350°C) untuk solder timah seperti ditunjukkan Gambar 9. *Soldering iron* ke kaki komponen dan pad PCB perlu dilakukan secara bersamaan. Setelah beberapa detik, meletakkan timah ke area tersebut untuk

menyambung kaki komponen, sambungan timah yang baik mengkilap dan berbentuk kerucut. Solder tidak boleh berlebihan atau kering agar sambungan antar komponen dapat terlihat lebih rapih dan tidak mengganggu jalur PCB lainnya.



Gambar 9. Proses *soldering* dengan APD

Setelah perancangan purwarupa selesai dan dirakit, proses perancangan ini bertujuan untuk membuktikan bahwa integrasi kedua teknologi ini dapat meningkatkan kemampuan pemantauan waktu nyata, analisis klasifikasi dan respon otomatis terhadap hasil klasifikasi yang ada di lapangan sebagai bentuk rekomendasi kebijakan agar dapat memudahkan bagi para peternak susu sapi perah dalam mengklasifikasi hasil dari susu perahannya.

Purwarupa sistem berbasis IoT dibangun sesuai dengan standar keamanan yang berlaku untuk menghindari risiko kegagalan teknologi yang dapat merugikan peternak atau hewan ternak. Misalnya, yang digunakan di kandang harus akurat dan aman untuk digunakan secara terus-menerus sehingga pekerja tidak perlu untuk memantau datang ke lokasi ternak sapi tersebut. Dengan proses implementasi sistem K3 yang proaktif dan adaptif, penelitian ini berupaya untuk mencapai pengurangan signifikan dalam jumlah kecelakaan kerja, peningkatan efisiensi operasional, serta perbaikan kesejahteraan dan keselamatan pekerja. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menyusun keselamatan kerja yang lebih efektif dan berbasis data, yang dapat diadopsi oleh berbagai industri untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem klasifikasi kelayakan susu yang dikembangkan telah berhasil beroperasi sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Dari 20 sampel uji yang digunakan, sebanyak 17 sampel diklasifikasikan sebagai layak (L) untuk dikonsumsi dan 3 sampel

diklasifikasikan sebagai tidak layak (TL). Metode klasifikasi yang digunakan adalah *naïve bayes* karena memiliki performa yang lebih baik dibandingkan metode *Support Vector Machine* (SVM). Hasil pengujian menggunakan 40 data latih dan 20 data uji menunjukkan bahwa model *naïve bayes* mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 85,00%, dengan nilai akurasi, presisi, recall dan *f1-score* yang masing-masing lebih tinggi sebesar 5,00%, 0,06, 0,02 dan 0,03 dibandingkan model SVM.

Dari sisi perangkat keras, sensor pH menunjukkan kinerja yang baik dengan nilai kesalahan rata-rata sebesar 0,50%. Sensor gas memiliki karakteristik resistif sebagaimana dijelaskan pada *datasheet*, yaitu nilai tegangan keluaran akan meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi gas (PPM). Sementara itu, sensor warna memiliki nilai kesalahan rata-rata sebesar 3,89%, yang masih dapat diterima untuk mendukung proses klasifikasi kelayakan susu.

Selain itu, sistem yang dikembangkan memiliki waktu komputasi rata-rata sebesar 2.371,8 milidetik berdasarkan 10 kali pengujian. Purwarupa sistem berhasil diimplementasikan dengan mengintegrasikan sensor pH, sensor gas dan sensor warna sebagai komponen masukan yang terhubung ke mikrokontroler WeMos D1 R1. Hasil klasifikasi kemudian ditampilkan melalui LCD 20×4 dan didukung oleh *buzzer* sebagai indikator keluaran, sehingga sistem mampu memberikan informasi kelayakan susu UHT secara otomatis dan *real-time*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada FT Untidar yang telah membiayai selama perkuliahan PSPPI, LPPM Untidar yang memfasilitasi program riset ini dan pihak Pimpinan Manajemen SMK 1 Pemda Ponorogo yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian dan perancangan sistem ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

Azizah, S. N., & Octavia, B. (2022). Deteksi cemaran *Bacillus cereus*, serta analisis kualitas fisik dan kimia susu kedelai (studi higiene dan sanitasi produksi susu kedelai skala rumah tangga) sleman, DIY). *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 8(2), 119-130. <https://doi.org/10.21831/kingdom.v8i2.18189>

Bappenas. (2024). *Agenda 2030 untuk Pembangunan Berkelanjutan TPB/SDGs*. Jakarta Pusat: Bappenas, Kementerian PPN.

Barros, C. P., Guimarães, J. T., Esmerino, E. A., Duarte, M. C. K., Silva, M. C., Silva, R., ... & Cruz, A. G. (2020). Paraprobiotics and postbiotics: concepts and potential applications in dairy products. *Current opinion in food science*, 32, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.12.003>

CLAL - World: Milk production and population. (n.d.). Retrieved October 1, 2024, from [www.clal.it](http://www.clal.it) website: [https://www.clal.it/en/?section=produzioni\\_popolazione\\_world](https://www.clal.it/en/?section=produzioni_popolazione_world)

Dhoble, S. B., Choudhari, N. K., & Choudhari, A. R. (2015, January). Electronic sensor based system for analysis of infection behavior in milk. In *2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/pervasive.2015.7087076>

Gossner, C. M. E., Schlundt, J., Embarek, P. B., Hird, S., Lo-Fo-Wong, D., Beltran, J. J. O., ... & Tritscher, A. (2009). The melamine incident: implications for international food and feed safety. *Environmental health perspectives*, 117(12), 1803. <https://doi.org/10.1289/ehp.0900949>

Hamiddin, I. (2018). Automatic switch with integrated control system using Arduino UNO. *E-JPTE (Jurnal Elektron. Pendidik. Tek. Elektron)*, 8(1), 33-41.

Handford, C. E., Campbell, K., & Elliott, C. T. (2015). Impacts of Milk Fraud on Food Safety and Nutrition with Special Emphasis on Developing Countries. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 130–142. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12181>

Izzaty, M. A. (2020). *Rancang Bangun Alat Deteksi Kelayakan Susu Sapi Dan Susu Kedelai Menggunakan Sensor pH Dan Suhu Berbasis Arduino (Studi Kasus di Pabrik Susu Sapi di Gunung Sago Pratama Nagari Sungai Kamunyang Payakumbuh dan CV. Pelangi di Jalan LabuhBaru)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau). Retrieved from <https://repository.uin-suska.ac.id/35944/>

Jones, D. L. (2004). PCB design tutorial. *June 29th*, 3-25. <https://www.alfadex.com>

LaDou, J. (2006). Printed circuit board industry. *International journal of hygiene and environmental health*, 209(3), 211-219.

Muehlhoff, E., Bennett, A., & McMahon, D. (2013). *Milk and dairy products in human nutrition* (pp. xxvi+-376).

OECD — FAO Agricultural Outlook 2020—2029, Retrieved from, [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-faoagricultural-outlook-2020-2029\\_1112c23b-en](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-faoagricultural-outlook-2020-2029_1112c23b-en), 2020.(n.d.).

Olsen, E., Qisthon, A., Wanniatie, V., & Husni, A. (2021). Derajat Keasaman Dan Angka Reduktase Susu Kambing Peranakan Ettawa Pasteurisasi Dengan Lama Simpan Yang Berbeda Pada Suhu Refrigerator 4. *Jurnal Riset Dan Inovasi*

- Peternakan (Journal of Research and Innovation of Animals)*, 5(2), 114–118.  
<https://doi.org/10.23960/jrip.2021.5.2.114-118>
- Park, C. H., Kim, H. S., Jeon, B. H., & Kim, D. H. (2018). Study on safety management plan through chemical accident investigation in PCB manufacturing facility etching process. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 19(4), 132-137.  
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.4.132>
- Park, Y. W., & Haenlein, G. F. (Eds.). (2013). *Milk and dairy products in human nutrition: production, composition and health*. John Wiley & Sons.
- Rosmiati, R. (2023). *Pengenalan K3 Umum*. <http://repository.tangguhdenarajaya.com>
- Sharifan, P., Ziaee, A., Darroudi, S., Rezaie, M., Safarian, M., Eslami, S., ... & Ghayour Mobarhan, M. (2021). Effect of low-fat dairy products fortified with 1500IU nano encapsulated vitamin D3 on cardiometabolic indicators in adults with abdominal obesity: A total blinded randomized controlled trial. *Current medical research and opinion*, 37(4), 579-588.  
<https://doi.org/10.1080/03007995.2021.1874324>
- Yang, V. L., & Battle, D. (2008). Acute renal failure from adulteration of milk with melamine. *The Scientific World Journal*, 8, 974.  
<https://doi.org/10.1100/tsw.2008.137>