

# Sistem Deteksi Durasi Waktu Penyimpanan Susu Sapi Segar Berdasarkan Tingkat Keasaman dan Perubahan Warna dengan Menggunakan Metode K-Nearest Neighbors (K-NN) Berbasis Arduino

Rizky Bhramantya<sup>1</sup>, Dahnia Syauqy<sup>2</sup>, Eko Setiawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>rizky\_bhram@student.ub.ac.id, <sup>2</sup>dahnial87@ub.ac.id, <sup>3</sup>ekosetiawan@ub.ac.id

## Abstrak

Susu merupakan sumber pangan hewani yang penting, mengandung nutrisi seperti air, lemak, laktosa, protein, dan mineral. Susu sapi segar berasal dari kelenjar susu sapi perah *Friesian Holstein* (FH) betina dan biasanya mengalami proses pengolahan, termasuk pasteurisasi atau UHT, untuk menghilangkan bakteri patogen sambil mempertahankan kualitas nutrisinya. Kualitas susu sapi dapat dinilai berdasarkan pH, warna, dan rasa, dengan kisaran pH optimal antara 6,5 dan 6,7. Warna putih susu disebabkan oleh kasein, sedangkan warna kekuningan berasal dari karoten. Penentuan kualitas susu segar seringkali sulit dilakukan saat pembelian karena ketidakpastian lama penyimpanan. Beberapa penelitian telah mengeksplorasi metode untuk menilai kelayakan susu berdasarkan parameter seperti pH, warna, dan gas amonia. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi durasi penyimpanan susu sapi segar menggunakan metode *K-Nearest Neighbors* (K-NN) dengan parameter tingkat keasaman dan perubahan warna. Sistem berbasis Arduino UNO akan menggunakan sensor pH (PH-4502C) dan sensor warna (TCS-3200) untuk menganalisis sampel susu sapi. Algoritma K-NN yang menggunakan *supervised learning*, akan mengklasifikasikan data susu berdasarkan data latih (*training data*) yang telah ada, dengan hasil ditampilkan pada layar LCD I2C Display. Metode ini dipilih karena efisiensi komputasinya pada jumlah data sedikit, dengan tingkat keakurasiannya bergantung pada pemilihan nilai K yang optimal.

**Kata kunci:** susu sapi segar, durasi waktu penyimpanan, nilai RGB, nilai pH, Arduino UNO, algoritma *K-Nearest Neighbors* (K-NN), nilai K.

## Abstract

*Milk is an important animal-based food source, containing nutrients such as water, fat, lactose, protein, and minerals. Fresh cow's milk is derived from the mammary glands of female Friesian Holstein (FH) dairy cows and typically undergoes processing, including pasteurization or UHT treatment, to remove pathogenic bacteria while maintaining its nutritional quality. The quality of cow's milk could be assessed based on acidity, color, and taste, with the optimal pH range between 6.5 and 6.7. The white color of milk is due to casein, while the yellowish hue is caused by carotene. Determining the quality of fresh milk is often challenging at the time of purchase due to uncertainty about the duration of storage. Several studies have explored methods to assess milk viability based on parameters such as pH, color, and ammonia gas. This study aims to detect the storage duration of fresh cow's milk using the K-Nearest Neighbors (K-NN) method based on acidity levels and color changes. A system based on Arduino UNO will use a pH sensor (PH-4502C) and a color sensor (TCS-3200) to analyze fresh cow's milk samples. The K-Nearest Neighbors (K-NN) algorithm, employing supervised learning algorithm, could classify fresh cow's milk data based on existing training data, with the results displayed on an LCD I2C Display screen. This method was chosen for its computational efficiency with small datasets, with accuracy depending on the optimal selection of the K value.*

**Keywords:** *fresh cow's milk, storing time duration, RGB value, pH value, Arduino UNO, K-Nearest Neighbors (K-NN) algorithm, K value.*

## 1. PENDAHULUAN

Susu sapi merupakan suatu sumber pangan hewani yang sering dikonsumsi sehari-hari serta sebagai pelengkap pada kebutuhan nutrisi dalam tubuh manusia. Didalam susu sapi terkandung berbagai macam nutrisi, seperti protein, kalsium, kalium, fosfor, serat, serta vitamin A, B, dan D. Susu sapi segar diperoleh dari kelenjar susu pada sapi perah *Friesian Holstein* (FH) betina.

Adapun sebagian besar susu sapi segar yang diproduksi akan melalui proses pengolahan dan pemrosesan, selain itu akan ditambahkan bahan aditif lainnya, seperti perasa dan pengawet untuk dijadikan sebagai produk minuman susu didalam kemasan dengan bahan utama susu sapi tersebut. Untuk pengolahan susu sapi segar berupa proses pemanasan (sterilisasi) juga dibagi menjadi dua, yaitu Pasteurisasi serta *Ultra High Temperature* (UHT) (Nugroho, et al., 2023).

Kemudian, susu sapi juga dapat dikonsumsi secara langsung tanpa melewati proses sterilisasi terlebih dahulu, pada kondisi yang masih segar. Susu sapi segar ini merupakan susu sapi yang diambil dari ambung yang sehat dan bersih, yang diperoleh dengan teknik pemerahan yang benar serta kandungan alaminya tidak dikurangi atau tidak ditambahkan sesuatu apapun serta belum mendapatkan perlakuan apapun, kecuali proses pendinginan (Kencanawati, et al., 2015).

Susu sapi segar secara normal mempunyai tingkat keasaman berupa nilai pH yang berkisar diantara nilai 6,3 sampai 6,75. Apabila nilai pH mengalami penurunan menjadi bernilai 6, hal ini dapat disebabkan karena kolostrum dan aktivitas bakteri pembusuk. Nilai pH dari susu sapi yang malah meningkat akan menyebabkan viskositas susu sapi juga akan meningkat sebagai akibat dari pecahnya butiran kasein yang terkandung didalamnya (Wendt, et al., 1998).

Selain itu, kualitas susu sapi segar dapat juga diketahui berdasarkan warna dan rasa susu sapi. Pada umumnya susu sapi segar mempunyai warna putih kekuningan-kuningan. Warna putih pada susu sapi berasal dari warna kasein, yang mana kasein merupakan salah satu jenis protein yang terkandung didalam susu sapi. Warna putih kekuningan serta tidak dapat ditembus cahaya (tidak transparan) merupakan salah satu ciri-ciri dan karakteristik utama untuk susu sapi segar dengan kualitas yang bagus (Hadiwiyoto, 1994).

Susu sapi segar banyak dijual secara grosir oleh agen penyalur susu sapi ataupun pedagang susu. Hal yang dapat menjadi masalah adalah

kadang-kadang menjadi sedikit sulit untuk dapat mengetahui secara pasti mengenai kondisi dan kualitas susu sapi pada saat membelinya. Hal ini sekiranya mungkin dapat menjadi permasalahan yang cukup penting, kemudian calon konsumen umumnya juga tidak dapat memperkirakan lama waktu pada masa susu telah disimpan oleh sang penjual/pedagang susu selama produk susu sapi segar tersebut masih belum laku terjual. Selain itu, hal yang berkaitan dengan masalah ini juga nantinya dapat menjadi salah satu pertimbangan tersendiri kepada calon konsumen supaya dapat memutuskan untuk membeli ataupun tidak jadi membeli susu sapi segar tersebut.

Dari permasalahan tersebut, telah dilakukan sejumlah penelitian yang berkaitan untuk dapat mengetahui kondisi kelayakan beserta kualitas makanan atau minuman. Salah satu penelitian tersebut dilakukan oleh (Rahmana, et al., 2019). Penelitian ini membuat suatu sistem yang dapat mendeteksi durasi waktu penyimpanan daging ayam berdasarkan faktor warna serta kadar gas Ammonia dengan metode Jaringan Saraf Tiruan. Adapun sistem yang dirancang pada penelitian tersebut menggunakan Sensor Warna TCS-3200 untuk mendeteksi perubahan warna pada daging ayam dan Sensor Gas MQ-135 untuk mendeteksi kadar konsentrasi gas Ammonia ( $\text{NH}_3$ ) didalam udara bebas. Sistem tersebut juga dibuat dengan berbasis Arduino yang akan disambungkan pada kedua sensor dan dilakukan pengamatan kualitas daging ayam selama rentang waktu yang dimulai pada saat setelah daging ayam yang baru selesai disembelih sampai pada saat proses pengujian.

Oleh karena itu, dari permasalahan diatas dan penelitian sebelumnya, penulis berinisiatif untuk merancang suatu purwarupa sistem yang mampu mendeteksi durasi waktu penyimpanan susu sapi segar yang nantinya akan dijual kepada masyarakat awam. Untuk sistem ini akan mampu memberikan prediksi durasi waktu penyimpanan berupa perkiraan rentang waktu dari lama waktu penyimpanan susu sapi segar tersebut. Adapun durasi waktu penyimpanan merupakan rentang lama waktu yang didasarkan setelah susu sapi segar dikemas sampai dengan pada saat susu sapi segar tersebut dibuka kemasannya, supaya dapat dilakukan proses pengujian dengan sistem pada penelitian ini. Untuk sistem itu sendiri dirancang dengan mengimplementasikan mikrokontroler Arduino UNO yang akan mengeksekusi program yang ditulis dengan Bahasa Pemrograman C++, yang mana didalamnya juga akan menjalankan algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) sebagai metode utama untuk proses klasifikasinya.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1. Susu Sapi Segar

Susu sapi adalah salah satu sumber pangan hewani yang sering dikonsumsi manusia sebagai pelengkap nutrisi didalam tubuh manusia. Susu sapi segar dapat diperoleh dari kelenjar susu pada sapi perah *Friesian Holstein* (FH) betina. Susu sapi segar mempunyai kandungan nutrisi dengan komposisi secara rata-rata berupa protein (3,3 %), lemak (3,8 %), karbohidrat (4,7 %), air (8,76 %), dan juga vitamin serta mineral (0,7 %) didalamnya (Brit & Robinson, 2008).

Adapun sebagian besar susu sapi segar yang diproduksi akan melalui proses pengolahan dan pemrosesan, selain itu akan ditambahkan bahan aditif lainnya, seperti perasa dan pengawet untuk dijadikan sebagai produk minuman susu didalam kemasan dengan bahan utama susu sapi tersebut.

Susu sapi kemudian dapat diproses dengan proses pemanasan (pasteurisasi) yang bertujuan untuk mematikan bakteri patogen. Untuk proses pasteurisasi ini juga dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu LTLT (Low Temperature Long Time) dan HTST (High Temperature Short Time). Proses LTLT artinya susu dipanaskan pada suhu 60°C selama 30 menit. Sedangkan, pada proses HTST artinya susu dipanaskan pada suhu 80°C selama 1 menit, kemudian susu sapi didinginkan hingga mencapai suhu 40°C (Kurniawan & Putri, 2013).

### 2.2. Arduino UNO

Arduino UNO merupakan suatu *platform* papan mikrokontroler yang bersifat *open-source* serta digunakan untuk komputasi fisik dengan berbasiskan rangkaian *Input-Output* (I/O) secara sederhana dengan mengimplementasikan bahasa pemrograman C/C++. Arduino UNO sejatinya masih termasuk dalam keluarga besar *platform* mikrokontroler Arduino® yang sangat populer. Arduino UNO adalah papan mikrokontroler dari basis ATmega328P sebagai mikroprosesor yang utamanya (Arduino Docs, 2024).

Didalam Arduino UNO mempunyai 14 pin I/O digital (terdiri dari 6 pin untuk *output* PWM), 6 pin *input* analog, mikroprosesor kristal osilator dengan frekuensi 16 MHz, koneksi USB, *power jack*, suatu *header* untuk ICSP, dan *reset button*. Adapun berbagai macam pin tersebut berfungsi untuk mendukung jalannya mikrokontroler yang disambungkan kepada komputer melalui kabel USB, ataupun pada baterai sebagai sumber catu daya listrik atau dengan menggunakan perangkat adaptor AC/DC (Wulandari & Satria, 2021).

Untuk tampilan dari papan mikrokontroler Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 1 ini.



Gambar 1. Papan Mikrokontroler Arduino UNO  
Sumber: (Arduino Store, 2024)

### 2.3. Algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN)

Algoritma K-Nearest Neighbors merupakan suatu metode yang digunakan untuk melakukan tugas klasifikasi terhadap obyek yang akan diuji berdasarkan data pembelajaran dengan jaraknya yang terdekat dengan obyek tersebut (Bhuana, 2021). Algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) adalah suatu bentuk pendekatan untuk mencari kasus dengan cara membandingkan jarak diantara obyek lama dengan obyek yang baru (Kusrini & Luthfi, 2009). Disamping itu, algoritma K-NN bersifat *supervised learning*, yaitu data-data dari obyek akan diklasifikasikan dengan berdasarkan pada data-data yang telah terlatih (*training data*) sebelumnya, kemudian akan dapat ditempatkan kedalam suatu kelas tertentu yang baru.

Adapun tujuan dari algoritma K-NN adalah untuk dapat mengklasifikasikan data/obyek baru berdasarkan atribut (parameter) yang ada dengan *training samples* data tersebut (Yudhistira, et al., 2021). Algoritma K-NN mempunyai kelebihan jika digunakan kepada jumlah data yang sedikit, tetapi disisi lain juga akan membutuhkan waktu komputasi yang cukup lama serta kurang efisien pada jumlah dataset yang banyak dan kompleks.

Algoritma K-NN akan bekerja berdasarkan prinsip menghitung nilai jarak data uji yang ada terhadap data latih untuk mencari jarak terdekat dari kedua data yang dievaluasi sejumlah nilai yang ditentukan (nilai K) pada data latih. Dalam algoritma K-NN dibutuhkan suatu teknik untuk menghitung nilai jarak diantara data uji terhadap data latih (Nurchahyo, 2023). Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengukur jarak tersebut adalah dapat dihitung menggunakan persamaan *Euclidean Distances*. Adapun untuk rumus dari persamaan *Euclidean Distances* tersebut, seperti yang disajikan melalui Persamaan 1 dibawah ini.

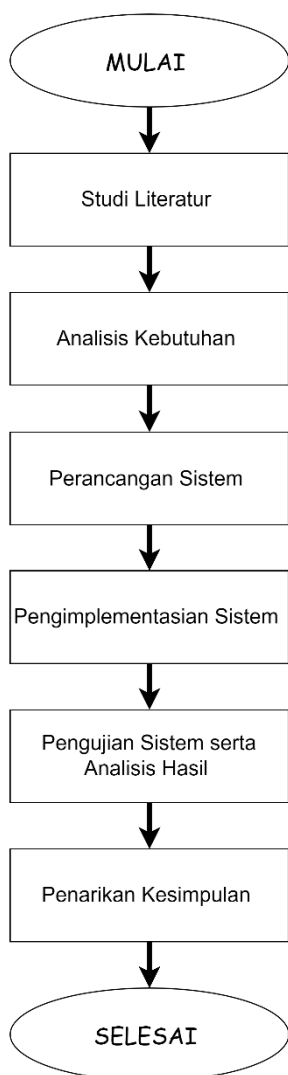
$$D(p, q) = \sqrt{\sum_{n=1}^n (p_n - q_n)^2}$$

(Persamaan 1)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam jenis penelitian implementatif perancangan (Design). Topik dari penelitian ini termasuk didalam kategori penelitian mengenai sistem pengenalan pola dengan tujuan melakukan klasifikasi tingkat keasaman, dan perubahan warna dari susu sapi segar berdasarkan durasi waktu penyimpanan susu sapi segar tersebut, sehingga dapat diprediksi lamanya penyimpanan tanpa harus menanyakan terlebih dahulu kepada penjual susu sapi. Hal ini juga berkaitan dengan kondisi susu sapi segar, sehingga dengan mengetahui masa simpan susu sapi maka akan dapat memperkirakan kesegaran dan kualitas dari susu sapi segar tersebut.

Adapun metode penelitian yang digunakan secara garis besar dapat digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 2 sebagai berikut ini.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

Dapat terlihat pada Gambar 2 yaitu diagram alir dari metode penelitian yang digunakan. Pada penelitian ini akan dimulai dari tahapan Studi Literatur, untuk mencari sumber referensi dan menggali dasar teori yang terkait dengan topik penelitian. Kemudian, dilanjutkan pada tahapan Analisis Kebutuhan, untuk menganalisis secara spesifik mengenai kebutuhan yang diperlukan. Lalu, dilanjutkan pada tahapan Perancangan Sistem, untuk membuat perancangan dan desain dari sistem. Setelah itu, dilanjutkan pada tahapan Pengimplementasian Sistem, untuk menerapkan dan mengimplementasikan purwarupa sistem secara nyata dalam bentuk fisiknya. Kemudian, dilanjutkan pada tahapan Pengujian Sistem serta Analisis Hasil, untuk dapat melaksanakan proses pengujian terhadap sistem yang telah dirancang dan dibuat melalui percobaan dan pengamatan, lalu hasil *output* yang didapatkan akan dianalisis lebih lanjut lagi. Akhirnya, sampai pada tahapan terakhir, yaitu tahapan Penarikan Kesimpulan, untuk merangkum hasil pengujian yang telah didapatkan beserta analisisnya sehingga dapat ditarik poin-poin penting yang dapat menjadi kesimpulan akhir untuk penelitian ini.

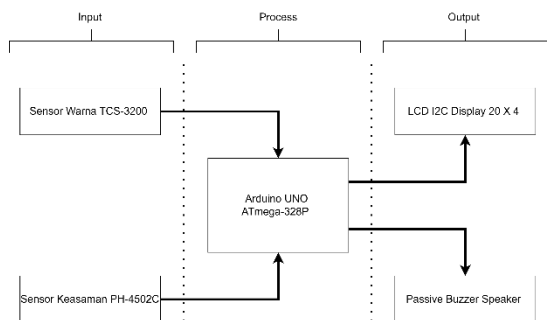
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa penelitian ini merupakan jenis penelitian implementatif perancangan (Design). Sehingga, penelitian ini akan merancang serta menerapkan dan mengimplementasikan suatu sistem sebagai purwarupa perangkat/alat dari sistem itu sendiri yang berupa perangkat cerdas (*smart devices*).

Sistem ini akan mampu mendeteksi durasi waktu penyimpanan untuk obyek berupa cairan susu sapi segar tersebut berdasarkan pada parameter perubahan warna dan tingkat keasaman yang ada pada obyek tersebut. Hasil *output* sistem akan berdasarkan kepada hasil klasifikasi yang diperoleh dengan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) didalam program komputer yang berjalan didalam mikrokontroler Arduino UNO sebagai *basis* landasan sistem serta pusat pemrosesan utama dari sistem. Sistem akan mampu memberikan prediksi yang berupa perkiraan rentang waktu dari lama penyimpanan susu sapi segar tersebut sebagai hasil *output* dari proses komputasi didalam sistem serta proses klasifikasi dengan algoritma K-NN tersebut. Dari *output* sistem nantinya akan dianalisis untuk dapat mengetahui tingkat keakurasian dari sistem, sehingga dari sini dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui bagaimana performa beserta kinerja dari sistem yang dibuat pada penelitian ini.



#### 4. PERANCANGAN SISTEM

Adapun secara garis besar, dari sistem yang dirancang pada penelitian ini, akan digambarkan dengan diagram blok sistem yang ditampilkan pada Gambar 3 dibawah sebagai berikut ini.

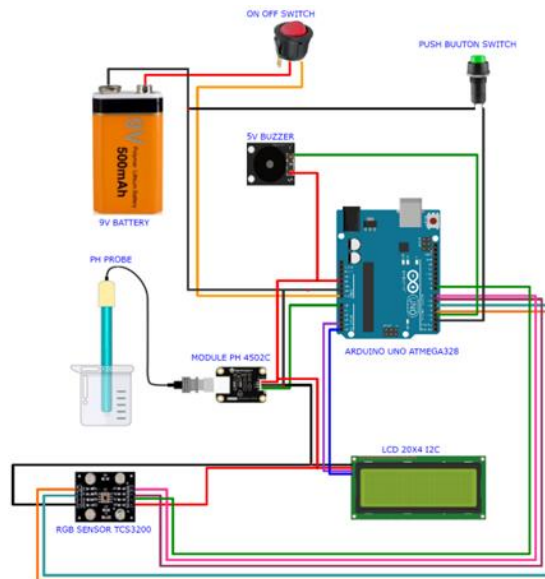


Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem dibagi menjadi 3 (tiga) kolom yaitu kolom *input*, *process*, dan *output* serta terdapat 5 komponen utama. Dalam kolom *input* ada 2 komponen, yaitu Sensor TCS-3200 dan Sensor PH-4502C. Sensor TCS-3200 akan mengenali adanya perubahan warna dengan melakukan pembacaan dari nilai RGB pada susu sapi segar. Sedangkan, pada sensor PH-4502C akan mengukur tingkat keasaman yang ada pada susu sapi segar. Selanjutnya, dari kolom *process* terdapat mikrokontroler Arduino UNO sebagai pusat pemrosesan utama untuk sistem tersebut. Arduino UNO akan menerima data berupa nilai yang dikirimkan oleh kedua sensor sebagai nilai masukan untuk algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN). Algoritma K-NN ini akan menghitung kemungkinan serta akan memberikan prediksi dari perkiraan lama waktu penyimpanan susu sapi tersebut dengan pengelompokkan menurut kepada kategori rentangan waktunya. Setelah itu, hasil keluaran didalam kolom *output* berupa waktu penyimpanan susu akan ditampilkan pada LCD I2C Display 20 X 4 dan juga akan mengaktifkan Passive Buzzer Speaker yang akan berbunyi sebagai pertanda bahwa pendeteksian serta proses komputasi didalam Arduino UNO telah selesai. LCD I2C Display 20 X 4 dapat menampilkan parameter berupa nilai keluaran dari kedua sensor tersebut, dan juga hasil deteksi sebagai keluaran sistem berupa perkiraan durasi waktu penyimpanan susu sapi segar tersebut.

##### 4.1. Perancangan Perangkat Keras

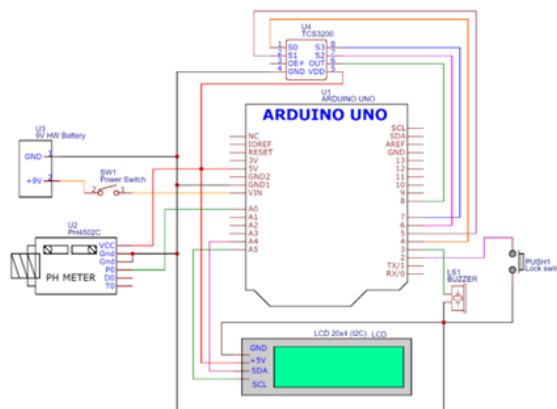
Perancangan perangkat keras (*hardware*) untuk sistem dimulai dengan membuat desain rangkaian purwarupa sistem, seperti ditampilkan melalui Gambar 4 dibawah sebagai berikut ini.



Gambar 4. Desain Rangkaian Purwarupa Sistem

Dapat terlihat pada Gambar 4 diatas bahwa terdapat beberapa komponen yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino UNO yang akan menyusun sistem secara terintegrasi terhadap perangkat keras (*hardware*) yang digunakan.

Selanjutnya, pada perancangan perangkat keras (*hardware*) untuk sistem, dari desain diatas tersebut, akan dapat dibuat menjadi suatu desain skematik purwarupa sistem, seperti ditampilkan melalui Gambar 5 dibawah sebagai berikut ini.



Gambar 5. Desain Skematik Purwarupa Sistem

Dapat terlihat pada Gambar 5 diatas bahwa terdapat beberapa kaki/pin yang terdapat dalam Arduino UNO yang akan disambungkan dengan komponen-komponen lainnya, termasuk Sensor PH-4502C dan Sensor TCS-3200 menggunakan kabel *jumper* sebagai kabel penghubungnya.

Adapun dari kaki/pin yang digunakan untuk menghubungkan diantara Arduino UNO dengan masing-masing komponen lainnya dalam sistem, akan diatur konfigurasinya sesuai dengan acuan seperti pada Tabel 1 sampai Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 1. Konfigurasi Pin Sensor PH-4502C

NO.	Pin Sensor PH-4502C	Pin Arduino UNO
1.	D0	A0
2.	V+	5V
3.	G	GND

Tabel 2. Konfigurasi Pin Sensor TCS-3200

NO.	Pin Sensor TCS-3200	Pin Arduino UNO
1.	S0	4
2.	S1	5
3.	S2	6
4.	S3	7
5.	OUT	8
6.	VCC	5V
7.	GND	GND

Tabel 3. Konfigurasi Pin LCD I2C Display 20 X 4

NO.	Pin LCD I2C Display	Pin Arduino UNO
1.	SDA	A4
2.	SCL	A5
3.	VCC	5V
4.	GND	GND

Tabel 4. Konfigurasi Pin Passive Buzzer Speaker

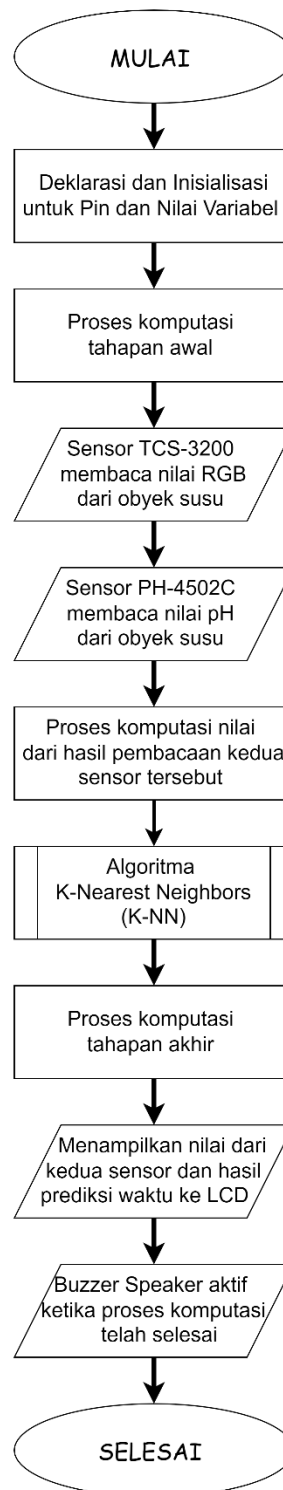
NO.	Pin Buzzer Speaker	Pin Arduino UNO
1.	S	3
2.	+	5V
3.	-	GND

#### 4.2. Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahapan ini, akan dimulai proses perancangan sistem yang akan dibuat, dari sisi perangkat lunak (*software*). Adapun pada proses perancangan perangkat lunaknya, maka terlebih dahulu akan membuat konsep rancangan awal yang berupa alur kerja sistem dan kode program sistem untuk perangkat lunak. Untuk tujuan dari tahapan perancangan perangkat lunak ini adalah sebagai pemaparan dan juga penjabaran spesifik tentang komponen-komponen perangkat lunak yang akan diimplementasikan kedalam sistem yang akan dibuat, didalam hal ini akan berupa program komputer.

Proses perancangan perangkat lunak juga meliputi alur kinerja dari program yang akan dijalankan didalam sistem secara keseluruhan. Program tersebut akan memberikan instruksi kepada sistem, dimulai dari proses inialisasi komponen, kemudian proses pengukuran serta pembacaan nilai parameter dari obyek, sampai dengan proses menampilkan hasil klasifikasi sebagai *output* dari sistem.

Adapun pada perancangan perangkat lunak (*software*) untuk sistem ini yang berupa program komputer tersebut, dengan secara garis besarnya mempunyai alur kinerja yang dapat digambarkan melalui diagram alir yang utama dari program, sehingga akan dapat ditampilkan pada Gambar 6 seperti dibawah sebagai berikut ini.



Gambar 6. Diagram Alir Utama Program

Pertama-tama, saat sistem dinyalakan, program komputer akan dijalankan setelah memastikan keseluruhan komponen terhubung dengan benar. Program akan dimulai dengan deklarasi dan inialisasi variabel dan kaki/pin. Kemudian, dari sistem akan menjalankan proses komputasi awal, seperti halnya mencatat waktu dimulainya program, menyiapkan tampilan pada layar LCD I2C Display, termasuk didalamnya adalah mengeksekusi fungsi “setup()”. Setelah itu, sensor keasaman PH-4502C beserta sensor warna TCS-3200 akan diaktifkan untuk dapat membaca nilai pH beserta nilai RGB dari cairan susu sapi segar. Sensor PH-4502C mempunyai Probe E-201-C dari bahan kaca elektroda untuk mengukur tingkat keasaman susu sapi segar. Larutan elektrolit yang ada pada ujung *probe* bereaksi dengan ion  $H_3O^+$  didalam cairan susu sapi, mengakibatkan perubahan tegangan listrik yang akan mengkalibrasi nilai pH. Sensor warna TCS-3200 dengan diposisikan diluar gelas akan mulai menangkap pantulan cahaya dari obyek yang mana akan diterima oleh fotodiode didalam sensor. Cahaya pantulan ini yang akan melewati filter untuk menyaring terhadap masing-masing elemen warna RGB, sehingga *output* nilainya akan menjadi terpisah pada setiap elemen warna RGB. Nilai pH dan nilai RGB akan diproses oleh Arduino UNO dengan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) untuk mendeteksi durasi waktu lama penyimpanan susu sapi segar. Setelah proses klasifikasi telah berakhir, sistem mencatat waktu akhir komputasi menggunakan fungsi “millis()” dengan satuan milidetik.

Hasil *output* dari sistem secara keseluruhan yang berupa nilai RGB beserta nilai pH, hasil prediksi waktu penyimpanan susu sapi, dan total waktu komputasi akan ditampilkan melalui layar LCD I2C Display. Selain itu, sistem juga akan membunyikan Passive Buzzer Speaker sebagai penanda telah berakhirnya program. Program itu sendiri dirancang untuk memantau kualitas dan durasi kedaluwarsa susu sapi segar berdasarkan analisis dari spektrum warnanya (nilai RGB) dan tingkat keasamannya (nilai pH) dari obyek yang berupa cairan susu sapi segar tersebut sebagai parameter pengujian didalam penelitian ini.

### 4.3. Implementasi Sistem

Implementasi sistem bertujuan untuk dapat mengetahui apakah sistem yang telah dirancang ternyata dapat bekerja sesuai dengan fungsi dari setiap komponen yang ada. Implementasi sistem ditampilkan oleh Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Implementasi sistem pada saat proses perakitan perangkat keras (*hardware*) yang berupa komponen Arduino UNO dan sensor (*kiri*) dan komponen LCD I2C Display 20 X 4 (*kanan*)



Gambar 8. Implementasi sistem saat proses *finishing* perangkat keras (*hardware*) yaitu setelah komponen telah selesai dipasang didalam *project box* (*kiri*) dan proses mengetes (*trial*) untuk alat/perangkat (*kanan*)

Pertama-tama, pada Probe E-201-C sebagai perangkat *probe* yang akan bersentuhan secara langsung dengan obyek susu sapi segar, adapun *probe* akan dihubungkan kepada *module* Sensor PH-4502C dengan menggunakan konektor BNC sehingga dapat digunakan untuk membaca nilai pH pada susu sapi segar. Selain itu, pada Sensor TCS-3200 juga dapat digunakan untuk membaca nilai RGB pada susu sapi segar. Selanjutnya, dari kedua sensor ini, yaitu Sensor PH-4502C beserta Sensor TCS-3200 kemudian akan disambungkan terhadap mikrokontroler Arduino UNO dengan menggunakan kabel *jumper* sesuai konfigurasi nomor kaki/pin untuk konektor yang digunakan. Kemudian, program yang berupa *sources code* yang mana juga memuat bagian program berisi algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN), secara keseluruhan program ini akan diunggah kedalam Arduino UNO sebagai perangkat lunak sistem. Selanjutnya, hasil *output* dari sistem berupa nilai pH, nilai RGB beserta hasil klasifikasi algoritma K-NN akan ditampilkan melalui layer LCD I2C Display. Selain itu, sistem juga membunyikan Passive Buzzer Speaker sebagai notifikasi.

## 5. PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL

### 5.1. Pengujian Sensor PH-4502C

Sensor PH-4502C merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran nilai dari tingkat keasaman (pH) dari susu sapi segar menggunakan sistem berbasis Arduino UNO. Pada pengukuran nilai pH susu sapi segar akan dilakukan dengan beberapa kali percobaan. Nilai pH susu sapi yang muncul pada sensor nantinya akan dicek serta dibandingkan dengan nilai pH susu sapi yang didapat menggunakan *digital pH meter*. Kemudian, selisih nilai yang didapatkan dari Sensor PH-4502C pada sistem serta *digital pH meter* akan dihitung sebagai prosentase error pada pengukuran nilai pH yang menunjukkan tingkat keasaman cairan susu sapi segar. Adapun untuk nilai dari tingkat prosentase error tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari Persamaan 2 dibawah sebagai berikut ini.

$$\% \text{ Error} = \frac{|\text{nilai pH (sensor)} - \text{digital pH meter}|}{(\text{nilai pH digital pH meter})} * 100 \%$$

(Persamaan 2)

Adapun untuk hasil *output* yang didapatkan dari proses pengujian Sensor PH-4502C berupa nilai pH dan perbandingannya dengan nilai pH dari digital pH meter beserta nilai dari tingkat prosentase error yang telah dihitung dari rumus diatas juga akan disajikan pada Tabel 5 dibawah.

Tabel 5. Hasil *Output* Pengujian Sensor PH-4502C

NO.	Sensor PH-4502C	Digital pH Meter	Error (%)
1.	6,75	6,69	0,90 %
2.	6,12	6,16	0,65 %
3.	6,48	6,35	2,05 %
4.	5,42	5,55	2,34 %
5.	5,31	5,35	0,75 %
6.	5,96	5,88	1,36 %
Nilai Error Rata-Rata =			1,34 %

Dapat terlihat melalui Tabel 5 diatas bahwa terdapat selisih perbedaan diantara pengukuran nilai pH yang dilakukan dengan menggunakan Sensor PH-4502C pada sistem serta *digital pH meter*, dengan menghasilkan nilai dari tingkat prosentase error yang ada, berkisar diantara nilai 0,65 % – 2,34 %, dan nilai error rata-rata sebesar 1,34 %. Dengan prosentase nilai error ini dapat dikatakan masih termasuk nilai error yang cukup rendah, sehingga dapat diketahui bahwa untuk Sensor PH-4502C pada sistem, menghasilkan tingkat keakurasian yang sangat baik.

Adapun melalui Gambar 9 sebagai berikut dibawah ini akan memperlihatkan proses pada saat dilaksanakan pengujian Sensor PH-4502C pada sistem terhadap *digital pH meter*.



Gambar 9. Pengujian Sensor PH-4502C (kanan) terhadap *digital pH meter* sebagai acuannya (kiri)

### 5.2. Pengujian Sensor TCS-3200

Sensor warna TCS-3200 adalah sensor yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran nilai dari tingkat spektrum warna (RGB) pada susu sapi segar berdasarkan dari frekuensi warna serta perubahan warna yang ada pada susu sapi segar tersebut. Sensor TCS-3200 mampu untuk mendeteksi warna dengan menggunakan filter cahaya yang terdapat sejumlah 4 (empat) jenis, yaitu filter Red/R (warna merah), filter Green/G (warna hijau), filter Blue/B (warna biru), dan filter Clear (transparan/bening). Sensor warna TCS-3200 akan mendeteksi warna dari susu sapi segar dan akan menghasilkan *output* berupa nilai RGB dari sampel susu sapi yang diujicobakan. Adapun pengujian sensor warna TCS-3200 pada susu sapi segar akan dilaksanakan menggunakan beberapa sampel susu sapi dan kemudian nilai RGB yang dihasilkan akan dibandingkan dengan nilai RGB yang didapatkan dengan pembacaan nilai menggunakan aplikasi *ColourGrab* sebagai referensi acuannya. Nilai selisih yang diperoleh dari hasil pembacaan dengan kedua perangkat tersebut akan dihitung tingkat prosentase error terhadap pembacaan nilai RGB dari cairan susu sapi segar sebagai obyek yang akan dilakukan pengukuran oleh sistem. Adapun untuk nilai dari tingkat prosentase error dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari Persamaan 3 dibawah sebagai berikut ini.



$$\% \text{ Error} = \frac{| \text{nilai RGB (sensor} - \text{ColourGrab)} |}{(\text{nilai RGB dari aplikasi ColourGrab})} * 100 \%$$

(Persamaan 3)

Adapun untuk hasil *output* yang didapatkan dari proses pengujian Sensor TCS-3200 berupa nilai RGB beserta perbandingannya dengan nilai RGB dari aplikasi *ColourGrab* yang dihasilkan akan disajikan pada Tabel 6 sebagai berikut ini.

Tabel 6. Hasil *Output* Pengujian Sensor TCS-3200

NO.	Sensor TCS-3200			ColourGrab		
	R	G	B	R	G	B
1.	251	248	234	252	240	238
2.	250	249	248	248	244	242
3.	241	233	225	245	239	229
4.	244	234	218	240	229	212
5.	237	227	208	229	220	202
6.	241	232	213	237	234	210

Adapun dari nilai *output* yang berupa nilai RGB yang ditampilkan melalui Tabel 6 tersebut diatas, kemudian dilakukan penghitungan untuk nilai dari tingkat prosentase error yang dihitung menggunakan rumus dari Persamaan 3 tersebut diatas juga akan disajikan pada Tabel 7 dibawah.

Tabel 7. Hasil Menghitung Tingkat Prosentase Error

NO.	Nilai dari Tingkat Prosentase Error			
	R	G	B	Rata-Rata
1.	0,40 %	3,33 %	1,68 %	1,80 %
2.	0,81 %	2,05 %	2,48 %	1,78 %
3.	1,63 %	2,51 %	1,75 %	1,96 %
4.	1,67 %	2,18 %	2,83 %	2,23 %
5.	3,49 %	3,18 %	2,97 %	3,22 %
6.	1,69 %	0,85 %	1,43 %	1,32 %
<b>Nilai Rata-Rata Error</b>	<b>1,61 %</b>	<b>2,35 %</b>	<b>2,19 %</b>	<b>2,05 %</b>

Dapat terlihat melalui Tabel 6 diatas yang merupakan nilai pengukuran spektrum warna berupa nilai RGB menggunakan Sensor Warna TCS-3200 dan aplikasi *ColourGrab*. Pada saat proses pengujian dilakukan kemudian dicatatkan hasil *output* yang didapatkan, ternyata terdapat selisih perbedaan nilai RGB yang dihasilkan. Perbedaan nilai RGB ini akan dihitung sebagai nilai dari tingkat prosentase error dari pengujian seperti yang ditunjukkan melalui Tabel 7. Untuk nilai dari tingkat prosentase error tersebut yang dihitung secara rata-rata nilainya, untuk fitur R (Red/merah) nilainya sebesar 1,61 %, fitur G (Green/hijau) nilainya sebesar 2,35 %, fitur B (Blue/biru) nilainya sebesar 2,19 %. Sedangkan,

untuk nilai secara rata-rata dari total prosentase nilai error yang dihitung dari keseluruhan fitur, nilainya sebesar 2,05 %. Dengan prosentase nilai error ini dapat dikatakan masih termasuk nilai error yang masih cukup rendah, sehingga dapat diketahui bahwa untuk Sensor TCS-3200 pada sistem, dapat menghasilkan tingkat keakurasian yang sangat baik.

Adapun melalui Gambar 10 sebagai berikut dibawah ini akan memperlihatkan proses pada saat dilaksanakan pengujian Sensor TCS-3200 pada sistem terhadap aplikasi *ColourGrab*.



Gambar 10. Pengujian Sensor TCS-3200 (kanan) terhadap aplikasi *ColourGrab* sebagai acuannya (kiri)


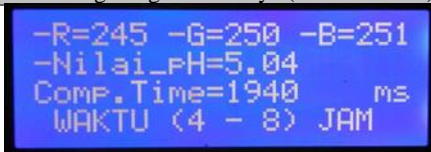
### 5.3. Pengujian LCD I2C Display 20 X 4

LCD I2C Display 20 X 4 merupakan suatu komponen yang terdapat pada sistem, yang mana digunakan untuk mengeluarkan nilai *output* yang dihasilkan oleh sistem. LCD I2C Display berupa layar penampil yang berteknologi Liquid Crystal Display (LCD) yang menggunakan adaptor I2C. Adapun untuk LCD I2C Display yang digunakan berukuran 20 X 4 yang mencakup 20 kolom dan 4 baris. Kolom dan baris pada LCD I2C Display diberikan nilai indeks dari mulai dari nilai 0.

Adapun untuk tujuan dari dilaksanakannya pengujian LCD I2C Display 20 X 4 ini adalah supaya dapat mengetahui bagaimana LCD I2C Display dapat berfungsi sebagaimana mestinya secara normal, sehingga mampu menampilkan nilai *output* yang dihasilkan oleh sistem. Dengan nilai-nilai tersebut akan berupa nilai RGB yang dihasilkan dari Sensor Warna TCS-3200 beserta nilai pH yang dihasilkan dari Sensor PH-4502C. Selain itu, melalui LCD I2C Display juga dapat ditampilkan hasil kondisi dari proses klasifikasi dengan algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN), beserta nilai dari waktu komputasi sistem.

Dapat dilihat pada Tabel 8 yang merupakan pengujian terhadap komponen LCD I2C Display 20 X 4 yang terdapat pada sistem. Adapun dari hasil pengujian tersebut terlihat komponen LCD I2C Display dapat berjalan sesuai dengan fungsi sebagaimana mestinya secara normal.

Tabel 8. Hasil Pengujian LCD I2C Display 20 X 4

NO.	Kondisi yang ditampilkan LCD I2C Display
1.	
<b>Ket.</b>	<i>Setup Initialization</i> merupakan proses yang dilaksanakan sistem pertama kali untuk dapat menginisialisasikan sistem pada saat mulai tersambung dengan catu daya (sumber listrik).
2.	
<b>Ket.</b>	Tampilan layar LCD I2C Display 20 X 4 pada saat menampilkan hasil <i>output</i> sebagai nilai pembacaan dari kedua sensor pada sistem (yaitu nilai RGB dan nilai pH), beserta nilai dari waktu komputasi sistem dan hasil klasifikasi dari algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN).

### 5.4. Pengujian Algoritma Klasifikasi K-NN

Algoritma klasifikasi K-Nearest Neighbors (K-NN) akan dijalankan didalam sistem, sebagai metode yang digunakan sistem supaya mampu mendeteksi dan membuat perkiraan waktu dari masa penyimpanan susu sapi segar. Algoritma K-NN mampu memberikan prediksi yang berupa rentang waktu yang akan menunjukkan seberapa lama susu sapi segar tersebut telah tersimpan pada ruangan terbuka. Adapun yang dimaksud disini untuk rentang waktu tersebut merupakan jarak waktu diantara durasi waktu tertentu yang dikelompokkan berdasarkan kategori yang telah ditentukan dalam sejumlah kelas/label. Dengan kelas/label ini yang merupakan hasil *output* dari proses pengklasifikasian dengan menggunakan algoritma klasifikasi K-NN yang dieksekusi oleh program yang berjalan didalam sistem tersebut.

Adapun untuk tujuan dari proses pengujian algoritma klasifikasi K-NN tersebut yaitu untuk mengetahui bagaimana program dapat berfungsi secara normal dengan mengeksekusi algoritma K-NN. Disamping itu, proses pengujian ini juga bertujuan supaya dapat mengetahui bagaimana sistem mampu memberikan prediksi dari rentang

waktu penyimpanan susu sapi segar tersebut. Adapun untuk hasil klasifikasi yang didapatkan dari algoritma K-NN yang berupa kelas/label tersebut, nantinya akan dilakukan perbandingan dan pencocokan dengan kelas/label sebenarnya. Dengan tingkat kecocokan dan kesesuaian untuk kelas/label hasil klasifikasi terhadap kelas/label yang sebenarnya tersebut, akan dapat digunakan untuk mengukur tingkat keakurasian dari sistem.

Adapun untuk nilai dari tingkat keakurasian dari sistem yang dihitung dengan berdasarkan tingkat kesesuaian hasil *output* klasifikasi pada proses komputasi dari algoritma K-NN tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari Persamaan 4 dibawah sebagai berikut ini.

$$\text{Nilai Akurasi} = \frac{\sum \text{data uji} - \text{hasil klasifikasi salah}}{\sum \text{data uji}} * 100\%$$

(Persamaan 4)

Adapun untuk nilai *output* yang didapatkan dari proses pengujian yang dilakukan terhadap algoritma klasifikasi K-NN pada hasil klasifikasi berupa kelas/label tersebut sebagai hasil *output* dari sistem, beserta prosentase nilai dari tingkat keakurasian sistem yang telah dihitung dengan menggunakan Persamaan 4 diatas akan disajikan melalui Tabel 9 dibawah sebagai berikut ini.

Tabel 9. Nilai *Output* Hasil Klasifikasi Dalam Proses Pengujian Algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN)

NO.	DATA HASIL PEMBACAAN SENSOR				KELAS YANG SEBENARNYA	Nilai K yang Digunakan			
	RED	GREEN	BLUE	PH		K = 3	K = 5	K = 7	K = 9
1.	253	245	240	6,70	(0 - 4) jam	(0 - 4)	(0 - 4)	(0 - 4)	(0 - 4)
2.	250	244	221	6,55	(0 - 4) jam	(0 - 4)	(0 - 4)	(0 - 4)	(4 - 8)
3.	249	241	239	6,76	(0 - 4) jam	(0 - 4)	(0 - 4)	(0 - 4)	(0 - 4)
4.	250	242	229	6,54	(0 - 4) jam	(4 - 8)	(0 - 4)	(0 - 4)	(0 - 4)
5.	242	231	222	6,03	(4 - 8) jam	(4 - 8)	(4 - 8)	(4 - 8)	(4 - 8)
6.	245	240	226	6,43	(4 - 8) jam	(4 - 8)	(4 - 8)	(4 - 8)	(4 - 8)
7.	245	239	229	6,39	(4 - 8) jam	(4 - 8)	(4 - 8)	(4 - 8)	(4 - 8)
8.	240	231	224	6,03	(4 - 8) jam	(4 - 8)	(4 - 8)	(> 8)	(4 - 8)
9.	237	224	208	5,82	(> 8) jam	(> 8)	(> 8)	(> 8)	(> 8)
10.	228	219	181	5,31	(> 8) jam	(> 8)	(> 8)	(> 8)	(> 8)
11.	235	225	210	5,88	(> 8) jam	(> 8)	(> 8)	(> 8)	(> 8)
12.	231	217	200	5,55	(> 8) jam	(> 8)	(> 8)	(> 8)	(> 8)
Jumlah Hasil Klasifikasi yang Salah						1	0	1	1
Jumlah Hasil Klasifikasi yang Tepat						11	12	11	11
Prosentase Nilai Akurasi						91,6 %	100 %	91,6 %	91,6 %

Dapat terlihat melalui Tabel 9 diatas yang menampilkan hasil klasifikasi untuk algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) dengan nilai dari variabel K secara berbeda-beda. Dari jumlah 12 (duabelas) sampel data pengujian yang ada, dengan penerapan sejumlah 4 (empat) jenis nilai dari variabel K (Nilai K) tersebut. Dengan nilai K akan menentukan jumlah data yang dilakukan

pengundian (*voting*) supaya dapat menentukan kelas/label yang baru terhadap data uji (*testing data*) tersebut. Adapun nilai K yang diterapkan berupa inisialisasi nilai K dengan nilai bilangan satuan ganjil, yaitu bilangan 3, 5, 7, dan 9. Untuk itu, setiap nilai K yang diinisialisasikan tersebut, ternyata menghasilkan tingkat keakurasian yang berbeda. Adapun untuk nilai K = 3 menghasilkan tingkat keakurasian sebesar 91,6 %, lalu untuk nilai K = 5 menghasilkan tingkat keakurasian secara maksimal dapat mencapai 100 %, untuk nilai K = 7 menghasilkan tingkat keakurasian sebesar 91,6 % juga, serta yang terakhir untuk nilai K = 9 menghasilkan tingkat keakurasian sebesar 91,6 % lagi. Sehingga, untuk hasil yang didapatkan, ternyata dapat diketahui bahwa nilai K yang paling baik (terbaik) merupakan nilai 5 (nilai K = 5), yang mana menghasilkan tingkat keakurasian yang paling tinggi, yaitu mencapai nilai maksimal sebesar 100 %. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa algoritma K-NN yang digunakan sistem dapat menghasilkan tingkat keakurasian yang sangat baik dalam melakukan tugas klasifikasi terhadap obyek tersebut.

**5.5. Pengujian Waktu Komputasi Sistem**

Waktu komputasi sistem merupakan waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk melakukan proses komputasi secara keseluruhan. Adapun waktu komputasi untuk pemrosesan sistem akan dihitung terhadap durasi waktu komputasi untuk rentang lama waktu komputasi didalam suatu siklus komputasi pemrosesan sistem. Dari suatu siklus komputasi yang dimaksudkan disini yaitu proses komputasi pada saat sistem melakukan pembacaan nilai dari sensor sampai dengan pada saat sistem telah menghasilkan *output* klasifikasi dengan algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) lalu dapat menampilkan hasilnya melalui layar tampilan dari LCD I2C Display 20 X 4 beserta membunyikan Passive Buzzer Speaker sebagai notifikasi pemberitahuan dari selesainya proses komputasi didalam sistem, sehingga berakhirnya suatu siklus komputasi tersebut. Adapun untuk siklus komputasi sistem akan dihitung dengan satuan milidetik/milliseconds (ms). Tujuan dari pengujian waktu komputasi pemrosesan sistem, yaitu supaya dapat digunakan untuk mengetahui bagaimana tingkat performa serta kinerja dari sistem pada saat sistem berjalan dan berfungsi secara normal. Adapun untuk nilai *output* yang didapatkan dari hasil pengujian waktu komputasi sistem akan ditampilkan pada Tabel 10 dibawah.

Tabel 10. Hasil *Output* Pengujian Waktu Komputasi

NO.	Iterasi Pengujian	Waktu Komputasi (ms)
1.	Percobaan Ke-1	1940
2.	Percobaan Ke-2	1938
3.	Percobaan Ke-3	1941
4.	Percobaan Ke-4	1946
5.	Percobaan Ke-5	1940
6.	Percobaan Ke-6	1935
7.	Percobaan Ke-7	1938
8.	Percobaan Ke-8	1945
9.	Percobaan Ke-9	1939
10.	Percobaan Ke-10	1949
<b>Nilai Rata-Rata =</b>		<b>1941,1 ms</b>

Dapat terlihat melalui Tabel 10 yang mana menampilkan hasil *output* yang didapatkan dari proses pengujian waktu komputasi pemrosesan sistem. Adapun waktu komputasi sistem tersebut telah dilakukan penghitungan secara tersendiri oleh program yang berjalan didalam Arduino UNO. Program terlebih dahulu akan memanggil fungsi “*millis()*” yang telah disediakan didalam Pustaka (*library*) Arduino, lalu dihitung dengan cara mengurangi nilai waktu selesainya siklus komputasi dengan nilai waktu dimulainya siklus komputasi. Adapun suatu siklus komputasi akan dihitung pada saat si pengguna (*user*) menekan tombol *pushbutton* untuk memulai menjalankan algoritma klasifikasi K-Nearest Neighbors yang terdapat didalam program sampai dengan sistem telah selesai menampilkan hasil klasifikasi dan membunyikan Passive Buzzer Speaker. Selama proses percobaan yang dilakukan sebanyak 10 X (sepuluh kali) iterasi, ternyata waktu komputasi pemrosesan sistem yang didapatkan sekitar 1,9 detik ( $\pm 1900$  ms) dan rata-rata waktu komputasi sistem sebesar 1941,1 ms (1941,1 milidetik).

**6. PENUTUP**

Adapun nilai rata-rata error yang dihasilkan Sensor PH-4502C dalam pembacaan nilai pH melalui proses pengujian yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya, yaitu sebesar 1,34 %, sedangkan nilai rata-rata error yang dihasilkan Sensor TCS-3200 dalam pembacaan nilai RGB melalui proses pengujian yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya, yaitu sebesar 2,05 %. Sehingga, dari proses pengujian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa ternyata kedua sensor yang terdapat pada sistem yang telah dirancang tersebut, masih mempunyai tingkat keakurasian yang sangat baik/bagus.

Adapun program yang dijalankan didalam sistem, yang juga akan mengeksekusi algoritma klasifikasi K-Nearest Neighbors (K-NN) sebagai bagian program didalamnya. Setelah dilakukan

proses pengujian pada bagian sebelumnya, maka didapatkan hasil klasifikasi sebagai *output* dari algoritma K-NN tersebut. Kemudian, dilakukan proses penghitungan dari hasil *output* klasifikasi yang didapatkan menjadi nilai prosentase tingkat keakurasian dari algoritma K-NN. Adapun untuk penghitungan tingkat keakurasian menghasilkan nilai prosentase secara rata-rata sebesar 93,7 %, dengan nilai prosentase yang minimal mulai dari bernilai 91,6 %. Sehingga, dari nilai prosentase ini dapat dikatakan bahwa algoritma K-NN telah dapat berjalan dengan baik secara memuaskan.

Untuk nilai prosentase tingkat keakurasian dari algoritma K-NN tersebut juga bergantung dari nilai K yang digunakan. Dari keempat nilai K yang digunakan, berupa bilangan satuan ganjil yaitu bilangan 3, 5, 7, dan 9. Setelah dilakukan proses pengujian terhadap hasil klasifikasi dari algoritma K-NN dengan menggunakan keempat nilai K tersebut, ternyata didapatkan bahwa pada nilai K = 5 yang dapat menghasilkan prosentase tingkat keakurasian paling tinggi yang mencapai nilai maksimal sebesar 100 %. Oleh karena itu, maka dapat dikatakan bahwa bilangan 5 sebagai nilai K (nilai K = 5) tersebut, merupakan suatu nilai K yang paling bagus/terbaik.

Adapun untuk pengujian waktu komputasi pemrosesan sistem yang telah dilaksanakan pada bagian sebelumnya, setelah dihitung ternyata didapatkan hasil *output* yang berupa nilai waktu komputasi pemrosesan sistem adalah sekitar 1,9 detik ( $\pm 1900$  ms) serta secara rata-rata nilainya sebesar 1941,1 ms (1941,1 milidetik).

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Arduino Docs, 2024. *Arduino Docs*. [Online] Available at: <https://docs.arduino.cc/>
- Arduino Store, 2024. *Arduino Store*. [Online] Available at: <https://store.arduino.cc/>
- Bhuana, K., 2021. Analisis Sentimen Masyarakat Indonesia Tentang Vaksin COVID-19 di Twitter dengan Menggunakan Metode K-Nearest Neighbors dan Seleksi Fitur Chi-Square. *Skripsi*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Brit, T. J. & Robinson, R. K., 2008. *Advanced Dairy Science and Technology*. Chicago: Blackweel Publishing.
- Hadiwiyoto, S., 1994. *Teori dan Prosedur Pengujian Mutu Susu dan Hasil Olahannya*. 2 ed. Liberty, Yogyakarta.
- Kencanawati, A. P., Suprayogi, T. H. & Sayuthi, S. M., 2015. Total Bakteri dan Derajat Keasaman Susu Sapi Perah Akibat Perbedaan Lama Waktu Dipping Menggunakan Larutan Iodosfor Sebagai Desinfektan. *Animal Agriculture Journal*, April, 4(1), pp. 127-131.
- Kurniawan, I. & Putri, R. D. M., 2013. Alat Pemantau Kestabilan Pasteurisasi Susu. *Jurnal Teknik Elektro*, Juli, 5(2), pp. 69-74.
- Kusrini & Luthfi, T., 2009. *Algoritma Data Mining*. CV ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- Nugroho, M. D. B., Syauqy, D. & Fitriyah, H., 2023. Klasifikasi Kelayakan Susu Sapi UHT berdasarkan PH, Warna, dan Aroma menggunakan Metode Naive Bayes berbasis Arduino.. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JPTIHK)*, 6(11), pp. 5541-5548.
- Nurchahyo, K. M., 2023. Penerapan Google ML Kit dan Metode K-Nearest Neighbors untuk Klasifikasi Bentuk Wajah Wanita pada Platform Android. *Skripsi*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Rahmana, M. A. F., Syauqy, D. & Tibyani, T., 2019. Sistem Deteksi Lama Waktu Penyimpanan Daging Ayam Berdasarkan Warna dan Kadar Amonia Berbasis Sensor TCS3200 dan MQ135 Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan.. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JPTIHK)*, 3(2), pp. 1908-1916.
- Wendt, K., Lottheimer, K. H., Fehlings, K. & Spohr, M., 1998. *Handbuch Mastitis Kamlage Veriage*. GmbH and Co., Osnabruck.
- Wulandari, S. & Satria, B., 2021. Rancang Bangun Alat Pendeteksi Wama Menggunakan Arduino UNO Berbasis IoT (Internet of Things). *Jurnal Komputer dan Informatika (Paradigma)*, Maret, 23(1), pp. 1-8.
- Yudhistira, A. B., Maulana, R. & Syauqy, D., 2021. Implementasi Sistem Monitoring dan Klasifikasi Jenis Urine dengan Metode K-Nearest Neighbors (K-NN) pada Pasien Operasi. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JPTIHK)*, September, 5(9), pp. 4026-4032.