

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian [7] yaitu merancang dan membangun sistem yang mampu mengukur kesegaran daging sapi dan daging babi. Sensor warna untuk mengidentifikasi warna daging dan sensor kelembaban untuk menilai kesegaran daging dalam sistem ini. Mikrokontroler juga digunakan sebagai alat untuk mengumpulkan dan mengolah data. Daging sapi dan daging babi memiliki data 420 yang dikumpulkan untuk penelitian ini. Data memperlihatkan sistem ini memiliki tingkat akurasi yang bervariasi dalam mendeteksi kondisi daging sapi dan daging babi. Tingkat akurasi tersebut adalah 79% untuk daging sapi segar, 80% untuk daging babi kurang segar, 80% untuk daging babi tidak segar, dan 83% untuk daging babi yang tidak segar secara berurutan.

Penelitian [5] berhasil menentukan tingkat kesegaran daging dengan cepat dan akurat. Sistem ini diintegrasikan pada Arduino Uno, kemudian hasil identifikasi ditampilkan layar LCD dan memberikan notifikasi berupa bunyi dari *buzzer* sebagai indikasi sensor yang terdeteksi. Alat ini menggunakan sensor bau dan sensor warna sebagai komponen untuk mengidentifikasi tingkat kesegaran daging. Data masukan yang diperoleh meliputi nilai tegangan dari sensor TGS2602, dan nilai *Red*, *Green*, dan *Blue* dari sensor TCS3200. Penelitian ini menguji tiga tingkat kesegaran daging, yaitu daging segar, daging setengah segar, dan daging yang sudah tidak segar. Tegangan rata-rata yang diukur untuk daging segar adalah < 1.586 volt, daging setengah segar > 1.586 volt < 1.86 volt, sedangkan daging yang tidak segar memiliki tegangan < 2.50 volt.

Penelitian [8] mengembangkan alat yang dapat mendeteksi daging segar yang menerapkan sensor TCS-230. Metode yang digunakan adalah mengukur nilai RGB dari warna daging yang telah diidentifikasi dan membandingkannya dengan komposisi warna RGB pada daging segar yang digunakan sebagai tolak ukur. Metode *K-Nearest Neighbor* digunakan untuk mengidentifikasi kondisi kesegaran daging ayam yang sedang dianalisis. Data masukan yang diterapkan dalam K-NN adalah nilai RGB yang dihasilkan oleh sensor warna. Pada kajian ini mencapai

tingkat akurasi sebesar 87%. Di samping itu, presisi positif mencapai 92%, dan presisi negatif mencapai 67%.

Penelitian selanjutnya membuat sistem untuk mengidentifikasi kesegaran daging untuk mengurangi kerugian masyarakat. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan suatu sistem yang dapat menentukan kesegaran daging sapi lokal yang mengacu pada analisis warna dan kadar amonia. Metode untuk menentukan kesegaran daging dilakukan dengan menggunakan sensor warna TCS3200 dan sensor gas MQ135 yang terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno yang menerapkan metode Jaringan Syaraf Tiruan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang diuji dengan 81 data latih dan 27 data uji untuk menentukan kesegaran daging sapi lokal mencapai tingkat akurasi sebesar 92,5% [9].

Penelitian [10] bertujuan untuk mengklasifikasi daging ayam tiren, ayam busuk, dan ayam berformalin. Penelitian ini menerapkan *K-Nearest Neighbors* sebagai klasifikasi dalam sistem ini. Metode yang digunakan dalam K-NN adalah menggunakan *Euclidean distance* untuk mengukur tingkat klasifikasi dengan membandingkan data uji dari objek terdekat dengan data latih. Nilai K yang diterapkan dalam sistem ini adalah 5. Beberapa komponen yang digunakan dalam sistem ini yaitu Arduino Mega Mini berfungsi sebagai pemroses data dan perhitungan. Sensor TGS2602 sebagai pendeteksi aroma daging ayam dengan tingkat akurasi *error* sebesar 3,42%. Selain itu, terdapat sensor pH BNC *Electrode Probe* dengan tingkat akurasi *error* sebesar 25,89%, yang berfungsi untuk mengukur kadar asam basa pada daging ayam. Akurasi yang didapatkan dengan metode K-NN ini sebesar 80,95%.

Penelitian [11] mengembangkan sebuah alat yang dapat mendeteksi tingkat kesegaran daging dengan cepat, tepat, dan tanpa merusak daging dengan menggunakan sensor gas dan sensor warna. Alat ini berfungsi sebagai pengganti indra penciuman dan penglihatan manusia untuk menentukan tingkat kesegaran daging. Metode yang digunakan yaitu Jaringan Saraf Tiruan karena dibutuhkan sistem yang mampu mengidentifikasi daging sesuai dengan spesifikasi yang diberikan. Masukan yang digunakan adalah nilai PPM dari sensor MQ-137 dan nilai RGB yang diperoleh sensor TCS3200. Daging memiliki 3 tingkat kondisi kesegaran, yaitu daging segar, daging setengah segar, dan daging busuk. Dengan

menggunakan sensor gas dan warna pada sistem, pola khusus dibuat untuk setiap tingkat kesegaran daging yang diuji. Tingkat keberhasilan proses identifikasi mencapai 80%, menurut hasil pengujian terhadap tiga sampel yang mewakili tingkat kesegaran daging.

Penelitian selanjutnya mengembangkan sebuah model DNN yang dapat membedakan daging segar dan tidak segar. Klasifikasi tingkat kesegaran daging ini menggunakan metode ekstraksi fitur *Gray Level Co-Occurrence Matrix*. Hal ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai tekstur daging dari data visual yang ada. *Deep Neural Network* akan memproses dan mengklasifikasikan informasi fitur dari gambar daging sapi, menentukan apakah daging sapi mengandung informasi tekstur yang sesuai dengan informasi tekstur dari kategori daging yang berbeda. Pemrosesan data dengan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* dan mengklasifikasikannya ke dalam *Deep Neural Network*, menghasilkan model dengan akurasi sebesar 93,46%. Saran yang diberikan dalam penulis pada penelitian ini yaitu dengan mengganti jenis daging yang digunakan sebagai objek penelitian [12].

Penelitian [13] bertujuan untuk mengetahui tingkat kesegaran ikan patin berdasarkan tingkat warna daging yang diwakili nilai R,G,B. Prototipe ini membutuhkan Arduino Atmega 2560 sebagai pengendali semua komponen, sensor TCS230 yang mendeteksi warna berdasarkan nilai RGB, serta LCD 20×4 yang menampilkan hasil deteksi. Prototipe ini menggunakan sasis berbentuk kubus yang terbuat dari bahan besi ringan dan papan yang tahan air serta mudah untuk dibersihkan. Panjang prototipe 28 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 18 cm. Cara kerja dari alat tersebut yaitu ikan patin dimasukkan ke dalam kubus dan sensor TCS230 dipasang di dalamnya. Sensor ini akan mendeteksi warna daging dan mengubahnya menjadi nilai *Red*, *Green*, dan *Blue*. Arduino kemudian menangkap pembacaan sensor dan mengirimkan hasil uji ke LCD. Hasil pengujian menunjukkan keberhasilan 84,4%.

Penelitian selanjutnya mengembangkan sebuah alat yang menggunakan komputasi citra digital untuk mengidentifikasi kesegaran daging sapi dengan menggunakan *Raspberry Pi*, menggunakan kamera sebagai sensor dan mengolah gambar, yang kemudian diproses untuk klasifikasi oleh *naive bayes*. Keluaran

kualitas kesegaran daging sapi akan ditampilkan pada LCD 16×2. Penelitian ini menggunakan data latih 20 data segar dan 20 data tidak segar yang telah diambil gambarnya oleh kamera. Sistem Klasifikasi Kesegaran Daging Sapi Berbasis Citra Menggunakan Metode *Naive Bayes* dan *Raspberry Pi* mencapai tingkat akurasi sebesar 95% [14].

Penelitian [15] bertujuan untuk membuat sistem yang dapat mengidentifikasi daging ayam berdasarkan nilai ekstraksi gambar daging dari *Red*, *Green*, dan *Blue*. Algoritma metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation* digunakan untuk membangun sistem ini karena memperoleh nilai akurasi yang sangat baik. Sistem ini diuji dengan 60 gambar daging yang menghasilkan akurasi 86,67%, presisi ayam segar 0,65, presisi ayam formalin 0,95, dan presisi ayam busuk 1, dengan presisi rata-rata 0,87.

Penelitian [16] bertujuan untuk melakukan klasifikasi kesegaran daging sapi menggunakan *deep learning* arsitektur VGG16 dan augmentasi citra. Penelitian ini menerapkan metode Jaringan Saraf Konvolusional (CNN) dan VGG16 sebagai arsitekturnya. Tingkat akurasi tertinggi yang berhasil dicapai adalah 97,14% dengan menggunakan *epoch* 15 dan pembagian data latih 80% serta data validasi 20%. Saat diuji dengan data validasi, akurasi yang diperoleh bahkan mencapai 98,68%.

Penelitian [1] menerapkan CNN dengan model arsitektur *AlexNet* untuk membedakan antara daging segar dan daging busuk. Dataset yang digunakan terdiri dari dua kelas, yaitu kelas *fresh* dengan 948 citra, dan kelas *spoiled* dengan 948 citra, sehingga total citra sebanyak 1896. Dataset ini dibagi menjadi data latih sebesar 80% dari total citra (1516 citra) dan data validasi sebesar 20% (380 citra), yang kemudian diubah ukurannya menjadi 227 x 227 piksel. Proses pelatihan menggunakan fungsi aktivasi *ReLU* dan *sigmoid*, dengan *optimizer adam*, *learning rate* sebesar 0.0001, *dropout* sebesar 40%, *batch size* sebanyak 16, dan dilatih selama 20 *epoch*. Hasil pengujian yang didapatkan yaitu akurasi dengan rata rata sebesar 97,89%.

Penelitian [17] membuat sistem untuk melakukan klasifikasi kesegaran daging menggunakan arsitektur transfer *learning Xception*. Penelitian ini menggunakan dataset *Meat Freshness* yang dapat diakses pada *website kaggle*.

Dataset ini menggunakan 3 kelas, yaitu *fresh*, *half-fresh* dan *spoiled*. Selanjutnya, dataset ini dipisahkan menjadi data latih dan data uji, masing-masing dengan label yang sama. Data diolah dengan melibatkan model *pre-trained* dari arsitektur transfer learning *Xception*. Hasil dari proses pelatihan menghasilkan sebuah model sementara, yang kemudian dievaluasi menggunakan data uji yang telah disiapkan. Hasil evaluasi model menunjukkan nilai *loss* sebesar 29,30%; *accuracy* 86,92%; *precision* 87,25%; *recall* 86,47%; dan *score f1* sebesar 87,59%. Hasil pengujian menunjukkan performa dan akurasi model sangat memuaskan, sehingga model ini dianggap paling cocok untuk digunakan dalam klasifikasi tingkat kesegaran daging menggunakan dataset *Meat Freshness*.

Penelitian [18] bertujuan untuk mengklasifikasi dan mendeteksi kesegaran daging sapi sesuai karakteristik yang dimilikinya. Sistem klasifikasi ini menerapkan metode *deep learning* dengan algoritma CNN dan menggunakan *optimizer ADAM* yang dapat menghasilkan kinerja yang efisien dan cepat dalam menangani masalah dengan mempertahankan parameter yang diberikan. Hasil terbaik dari model klasifikasi dalam penelitian ini mencapai akurasi 100% pada data latih dan data uji, dengan nilai *loss* sebesar 0,0233.

Penelitian [19] membuat sistem klasifikasi kualitas daging ayam broiler sebagai bahan pembuatan bakso berdasar nilai resistansi dan kadar amonia menggunakan metode *fuzzy* yang bertujuan untuk mendeteksi kualitas daging ayam berdasarkan aroma dan tekstur. Data masukan sistem berasal dari sensor gas MQ-135 dan susunan resistansi (pembagi tegangan). Metode *fuzzy-Mamdani* pada Arduino Pro Mini mengolah data input yang hasilnya ditampilkan pada layar LCD Oled ST7789 dan ditandai dengan bunyi *buzzer*. Sistem ini dirancang dengan ukuran kecil dan dioperasikan dengan daya baterai, sehingga dapat digunakan secara portabel. Hasil uji coba sensor MQ-135 menunjukkan bahwa nilai tegangan output memengaruhi pengukuran kadar gas amonia sebesar 96,78%. Sementara itu, rangkaian pembagi tegangan mencapai akurasi pengukuran sebesar 96,29% dengan kisaran pengukuran antara 1K-100K Ω . Daging ayam broiler bagian dada memiliki rata-rata nilai resistansi berkisar antara 26,32K – 33,92K Ω dan kadar amonia sebesar 5,41 – 7,41 ppm pada pengolahan basah, sedangkan pada pengolahan kering, rata-rata nilai resistansi dan kadar amonia daging berkisar antara 27,02K –

34,52K Ω dan 5,45 – 7,33 ppm. Akurasi sistem dalam melakukan klasifikasi dengan metode *fuzzy-Mamdani* mencapai 83,33% dalam 24 kali pengujian.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah disebutkan, dapat disimpulkan bahwa belum ada penelitian yang menggunakan tiga jenis sensor yaitu warna, bau, dan pH sebagai parameter yang akan diukur dalam deteksi kesegaran daging. Selain itu, belum ada penelitian yang menggunakan *platform blynk* sebagai alat pemantauan sistem deteksi kesegaran daging. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan sistem deteksi kesegaran daging sapi yang memanfaatkan tiga sensor tersebut dan dapat dipantau melalui *platform blynk*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah sistem yang dapat memberikan informasi *real-time* mengenai tingkat kesegaran daging sapi berdasarkan analisis warna, bau, dan pH.

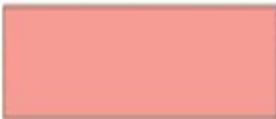
2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Daging Sapi

Daging sapi berasal dari peternakan sapi dan merupakan sumber protein hewani. Mengandung 19% protein, 70% air, 5% lemak, dan 2,5% mineral, kadar air ini dapat memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme sehingga menyebabkan pembusukan. Daging sapi segar memiliki warna merah berserat halus, sedikit lemak kekuningan, dan bau amis segar. Daging sapi yang kurang segar atau setengah segar memiliki warna merah pucat, kadar airnya tinggi, dan memiliki bau amis dan sedikit busuk. Daging sapi busuk memiliki tekstur yang lembek dan berlendir lengket, serta baunya sangat tidak sedap [20].

Berdasarkan SNI mutu karkas dan daging sapi, daging adalah bagian otot skeletal dari karkas sapi yang aman, layak, dan umum dikonsumsi oleh manusia. Daging ini bisa berupa daging segar, daging segar yang didinginkan, atau daging beku. Daging segar adalah daging yang belum mengalami pengolahan dan tidak ditambahkan bahan apapun. Penilaian warna daging dilakukan dengan mengamati warna permukaan otot mata rusuk menggunakan cahaya senter, lalu mencocokkannya dengan standar warna yang telah ditentukan. Skor warna daging diberikan berdasarkan standar yang paling mendekati warna daging tersebut.

Standar warna terdiri dari sembilan skor, yang berkisar dari merah muda hingga merah tua.

		
1	2	3
		
4	5	6
		
7	8	9

Gambar 2.1 Standar Warna Daging Sapi [21]

Gambar 2.1 merupakan standar warna daging sapi menurut SNI 3932 (2008), standar warna ini menggunakan skor 1-9, mulai dari merah muda hingga merah tua, dengan kategori merah terang (skor 1-5), merah agak gelap (skor 6-7), dan merah gelap (skor 8-9) Faktor kualitas daging mencakup warna, keempukan, tekstur, rasa, aroma, serta kesan jus daging (*juiceness*). Umumnya, daging sapi memiliki warna merah khas, seperti warna gelap atau keungu-unguan, yang berubah menjadi merah cerah saat terkena oksigen dalam jumlah terbatas [21].

2.2.2 Kesegaran Daging

Beberapa faktor yang memengaruhi kesegaran dan kualitas daging meliputi aroma, warna, tekstur, dan rasa. Kualitas rasa daging sendiri dipengaruhi oleh jumlah *volatile organic compound* (VOC) yang terkandung di dalamnya. Sensor gas dapat mengklasifikasikan daging dengan cara yang serupa dengan cara manusia menilai kualitas dan kesegarannya. Aroma atau bau pada daging terbentuk dari campuran kompleks VOC yang berasal dari berbagai reaksi kimia dalam daging. Beberapa pendapat menyatakan bahwa daging yang segar seharusnya tidak memiliki bau sama sekali. Pembusukan pada daging bisa diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme yang ada di dalam daging atau karena adanya pelepasan enzim mikroba baik di dalam maupun di luar sel daging. Parameter yang menandai proses

pembusukan daging meliputi perubahan warna dan aroma, perubahan tekstur, pembentukan lendir, serta terbentuknya gas [11].

Aroma daging ditentukan oleh kandungan *Volatile Organic Compounds* (VOC) yang ada di dalamnya. Karakteristik aroma ini dipengaruhi oleh reaksi antara gula dan asam amino, serta oksidasi dan degradasi lipid dan thiamin. Senyawa volatil yang dihasilkan dari reaksi-reaksi tersebut meliputi alkohol, hidrokarbon, keton, aldehida, serta senyawa nitrogen atau sulfur. Komposisi senyawa volatil pada daging dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti ras dan jenis kelamin hewan, jenis makanan, umur hewan, kondisi dan proses penyembelihan, durasi dan kondisi penyimpanan daging, serta bagian otot dan cara pemrosesan. Selain itu, senyawa volatil juga terbentuk setelah penyembelihan akibat aktivitas enzim [22].

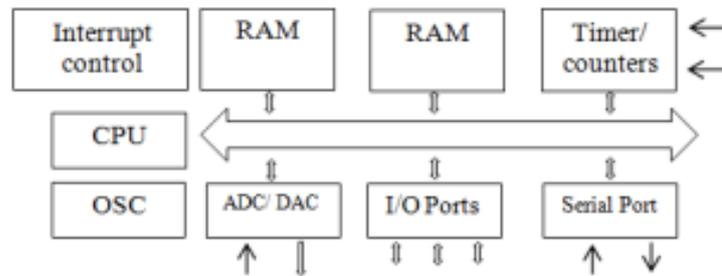
Kesegaran daging sangat penting untuk mengurangi penyakit yang disebabkan oleh konsumsi makanan yang kurang segar, karena dapat memengaruhi rasa dan tekstur. Oleh karena itu, penilaian dan pengenalan kesegaran daging yang tepat sangat penting bagi produsen dan konsumen. Kesegaran daging secara tradisional dinilai melalui pemeriksaan visual subjektif yang dilakukan oleh ahli manusia yang terlatih, ini adalah metode yang rentan terhadap berbagai jenis penilaian dan prosedur yang memakan waktu [20].

2.2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan komputer di dalam *chip* yang mengendalikan peralatan elektronik, yang menekankan hemat biaya. Disebut sebagai "pengendali kecil", mikrokontroler ini dapat mengontrol sistem elektronik yang sebelumnya sangat membutuhkan komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS [23].

Secara teknis, mikrokontroler terbagi menjadi dua kategori yaitu *Reduced Instruction Set Computer* dan *Computer Complex Instruction Collection*, dimana masing-masing memiliki kategori keluarga tersendiri. RISC memiliki instruksi yang terbatas namun dengan lebih banyak fasilitas, sementara CISC memiliki instruksi yang lebih lengkap namun dengan fasilitas yang terbatas. Oleh karena itu, mikrokontroler adalah alat yang dikembangkan oleh seorang *programmer*. Program tersebut memberikan instruksi kepada mikrokontroler untuk menjalankan

serangkaian tindakan sederhana secara berurutan guna menyelesaikan tugas yang lebih kompleks sesuai keinginan *programmer* [24].



Gambar 2.2 Alur Proses Mikrokontroler [24]

Berikut adalah penjelasan fitur-fitur dari gambar 2.2 :

- 1) RAM (*Random Access Memory*) berperan sebagai tempat penyimpanan variabel. Memori ini bersifat tidak stabil, yang berarti data akan hilang jika tidak ada catu daya.
- 2) ROM (*Read Only Memory*), sering disebut sebagai memori kode karena berfungsi sebagai tempat penyimpanan untuk program yang disediakan oleh *programmer*.
- 3) Register adalah tempat penyimpanan nilai-nilai yang digunakan dalam proses. Data yang disimpan di dalam register bersifat sementara.
- 4) SFR (*Special Function Register*) merupakan jenis register khusus yang mengatur operasi mikrokontroler. Lokasi penyimpanan SFR ini terdapat di dalam area RAM.
- 5) Pin *Input* dan *Output* berfungsi sebagai penerima sinyal dari luar. Pin *input* dapat terhubung ke perangkat seperti sensor. Pin *output* menghasilkan sinyal dari proses algoritma mikrokontroler.
- 6) *Interrupt* berperan sebagai bagian yang dapat menyisipkan operasi. Ketika program utama sedang berjalan, operasi utama dapat terganggu secara internal.
- 7) *External Interrupt* merupakan intrupsi yang berasal dari luar mikrokontroler. Gangguan ini terjadi ketika ada input dari pin interupsi.
- 8) *Interrupt Timer* memungkinkan intrupsi terjadi pada waktu-waktu tertentu sesuai dengan pengaturan waktu. Contohnya, digunakan untuk penundaan satu detik yang dalam bahasa pemrograman disebut "*delay*" dalam satuan milidetik.
- 9) *Interrupt Serial* terjadi saat menerima data selama komunikasi serial atau ketika register penuh selama proses penerimaan data serial dari luar [24].

2.2.4 ESP32

ESP32 adalah sebuah jenis mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif System*, yang merupakan kelanjutan dari model sebelumnya, yaitu ESP8266. Perangkat ini dapat digunakan secara kompatibel dengan Arduino IDE. Salah satu keunggulan dari mikrokontroler ini adalah tersedianya modul WiFi dan tambahan modul *Bluetooth Low Energy* (BLE) yang terintegrasi dalam *chip*, sehingga sangat mendukung dan cocok digunakan dalam pengembangan aplikasi *Internet of Things* (IoT) [25].



Gambar 2.3 Mikrokontroler ESP32 [26]

Gambar 2.3 merupakan bentuk fisik dari ESP32 yang memiliki fitur lengkap, termasuk prosesor, penyimpanan, dan akses pada pin GPIO (*General Purpose Input Output*) [27].

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP32

Mikrokontroler	ESP32
Tegangan	3,3 V
Prosesor	Tensilica L108 32 bit
Kecepatan Prosesor	Dual 160MHz
RAM	520K
GPIO	34
ADC	7
Dukungan 802.11	11b/g/n/e/i
Bluetooth	BLE (<i>Bluetooth Low Energy</i>)
SPI	3
I2C	2
UART	3

Tabel 2.1 menampilkan spesifikasi dari mikrokontroler ESP32, mencakup informasi tentang tegangan operasi, jenis dan kecepatan prosesor, kapasitas RAM, jumlah GPIO dan ADC, serta dukungan untuk *Wi-Fi* dan *Bluetooth*. Selain itu, tabel ini juga mencantumkan jumlah antarmuka komunikasi yang tersedia, seperti SPI, I2C, dan UART, yang menunjukkan kemampuan ESP32 dalam mengelola berbagai perangkat dan aplikasi.

2.2.5 *Internet of Things (IoT)*

Konsep "IoT" bertujuan untuk meningkatkan manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus, yang memungkinkan kita untuk menghubungkan sensor jaringan dan aktuator ke mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya untuk memperoleh data dan mengawasi kinerjanya sendiri, memungkinkan mesin untuk bekerja sama dan bertindak sesuai dengan informasi yang diperoleh.



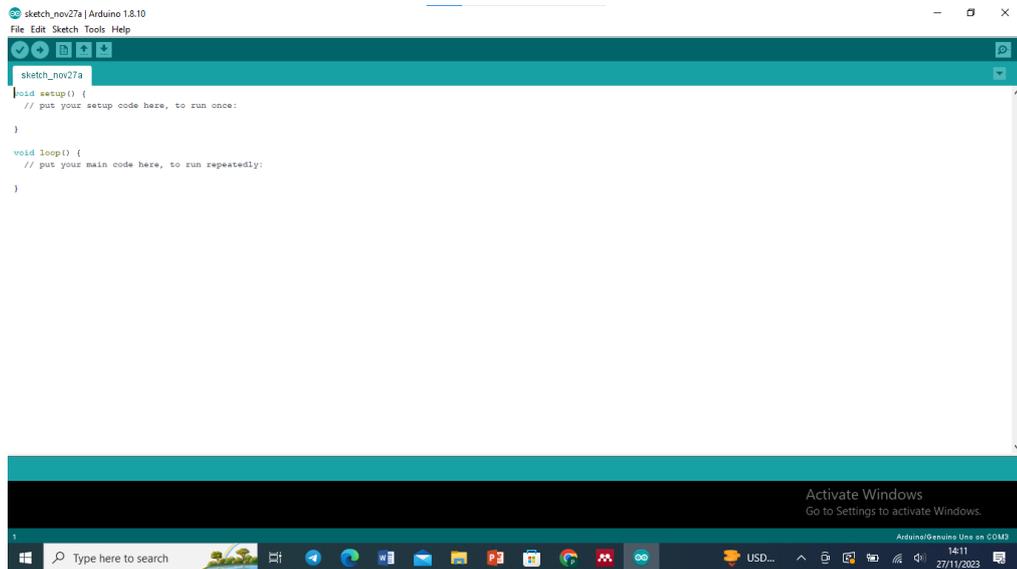
Gambar 2.4 Konsep *Internet of Things* [28]

Internet of Things bekerja dengan menggunakan argumentasi pemrograman, yang memungkinkan sesama mesin terhubung satu sama lain dalam jarak berapa pun dan tanpa campur tangan manusia. Kedua interaksi mesin tersebut terhubung melalui internet, sementara manusia hanya berfungsi sebagai pengatur dan pengawas alat tersebut bekerja secara langsung [28].

2.2.6 *Arduino IDE*

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak untuk membuat logika pemrograman terintegrasi untuk mengembangkan berbagai perangkat keras. *Arduino IDE* digunakan untuk menulis program, mengkompilasi menjadi kode biner, dan mengunggahnya ke memori mikrokontroler. *Arduino IDE* dibuat dari bahasa pemrograman *JAVA* yang dilengkapi dengan *library C/C++ (wiring)*, yang membuat operasi *input/output* lebih mudah [29]. Pada *software* ini terdapat *message box* berwarna hitam sebagai penampil status apakah program *error*, berhasil *compile*, atau berhasil *ter-upload*.

Bagian bawah paling kanan *software* Arduino IDE menunjukkan *board* yang dikonfigurasi dan *port* COM yang digunakan [30].



Gambar 2.5 Tampilan *Software* Arduino IDE

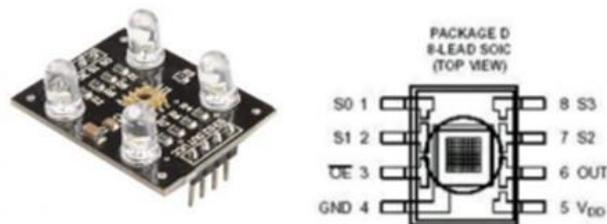
Gambar 2.5 tersebut merupakan *software* arduino ide dengan tampilan menu seperti berikut :

- 1) Ikon dengan simbol ceklis yaitu menu ***verify*** untuk memeriksa sintaks atau kesalahan dalam kode yang telah ditulis tanpa melakukan proses pengunggahan (*upload*) ke *board* arduino.
- 2) Ikon dengan simbol panah ke kanan yaitu menu ***upload*** berfungsi mengunggah kode ke *board* arduino.
- 3) Menu ***new*** yang berada di sebelah kanan menu ***upload*** berfungsi untuk membuka *file* baru untuk menulis kode Arduino.
- 4) Ikon dengan simbol panah ke atas yaitu menu ***open*** berfungsi untuk membuka *file* yang sudah ada untuk diedit.
- 5) Ikon dengan simbol panah ke bawah yaitu menu ***save*** berfungsi untuk menyimpan *file* program yang sedang dibuat.
- 6) Ikon dengan simbol kaca pembesar yaitu menu ***serial monitor*** berfungsi membuka monitor serial untuk membaca dan mengirim data melalui *port* serial.

2.2.7 Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 pada dasarnya terdiri dari rangkaian *photodiode* yang disusun dalam matrik *array* 8x8, dengan 16 konfigurasi *photodiode* yang

berfungsi sebagai filter warna merah, 16 konfigurasi *photodiode* sebagai filter warna biru, dan 16 konfigurasi *photodiode* lainnya tanpa filter warna. Sensor warna ini terintegrasi dalam *chip* DIP 8 pin yang memiliki bagian depan transparan untuk menangkap intensitas cahaya berwarna. Sensor TCS3200 digunakan untuk membaca nilai frekuensi yang didapatkan dari warna RGB sensor. Data digital ini akan menampilkan nilai RGB dari serial monitor mikrokontroler dan didapatkan *range* RGB untuk tingkat kesegaran dari daging tersebut [31].



Gambar 2.6 Bentuk Fisik dan Skema Sensor [31]

Gambar 2.6 menunjukkan bentuk fisik dan skema pin dari sensor TCS3200.

Spesifikasi sensor warna TCS3200 yaitu :

- 1) Rentang tegangan operasional dari 2,7V hingga 5,5V
- 2) Rentang suhu operasional dari -40°C hingga 85°C
- 3) Rentang frekuensi *output* dari 0 KHz hingga 2,7 KHz
- 4) Sensitivitas tinggi terhadap berbagai macam warna
- 5) Dapat diprogram untuk rentang deteksi warna yang berbeda (merah, biru, hijau, jernih)

Sensor warna yang digunakan untuk mendeteksi kesegaran daging bekerja dengan cara mengukur intensitas cahaya pantulan dari daging melalui filter merah, hijau, dan biru. Intensitas cahaya ini kemudian diubah menjadi sinyal frekuensi yang berbeda-beda untuk daging segar, setengah segar, dan busuk. Berbagai faktor dapat memengaruhi presisi data pembacaan sensor, seperti warna yang terdeteksi, intensitas cahaya dari luar, dan jarak antara sensor dan objek. Sensor beroperasi secara berurutan melalui filter *photodiode* merah, hijau, dan biru. *Photodiode* merah pertama menangkap cahaya pantulan LED dari daging dan mengubahnya menjadi arus listrik, yang kemudian diubah oleh osilator menjadi sinyal kotak. Proses ini diulangi untuk *photodiode* hijau dan biru. Dari frekuensi yang dihasilkan oleh ketiga *photodiode*, dapat ditentukan rentang pembacaan untuk daging segar,

setengah segar, dan busuk. Daging yang segar, nilai frekuensi R berada di antara 50 dan 85, nilai frekuensi G berada di antara 130 dan 150, dan nilai frekuensi B berada di antara 100 dan 125. Daging setengah segar, nilai frekuensi R berada di antara 65 dan 100, nilai frekuensi G berada di antara 150 dan 200, dan nilai frekuensi B berada di antara 145 dan 185. Daging yang busuk, nilai frekuensi R berada di antara 100 dan 150, nilai frekuensi G berada di antara 150 dan 230, dan nilai frekuensi B berada di antara 120 dan 190 [5].

2.2.8 Sensor TGS2602

Sensor bau TGS2602 terdiri dari lapisan semikonduktor oksida logam pada substrat alumina chip penginderaan dan pemanas terintegrasi. Konduktivitas sensor meningkat ketika ada gas yang terdeteksi, bergantung pada konsentrasi gas di udara. Rangkaian listrik sederhana dapat mengubah perubahan konduktivitas menjadi sinyal yang sesuai dengan konsentrasi gas. Sensor ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap konsentrasi rendah gas berbau seperti amonia dan H₂S yang berasal dari bahan limbah di kantor dan rumah. Sensor ini juga sensitif terhadap konsentrasi VOC yang rendah, seperti toluena yang ditemukan dalam produk konstruksi dan *finishing* kayu. Sensor ini memiliki keunggulan berupa sensitivitas yang tinggi terhadap VOC dan gas berbau, konsumsi daya yang rendah, responsibilitas yang tinggi terhadap kontaminan udara gas, umur pakai yang panjang, menggunakan sirkuit listrik yang sederhana, serta memiliki ukuran yang kecil. Sensor ini berguna untuk mendeteksi gas seperti amonia, etanol, dan H₂S, digunakan sebagai alat pembersih udara, pengatur ventilasi, pemantau kualitas udara, detektor VOC, dan pemantau bau [32].

Salah satu parameter kualitas penting dalam produk daging adalah tingkat gas yang dihasilkan oleh mikroorganisme selama proses degradasi. Pengukuran kuantitatif gas-gas seperti amonia dan lainnya dapat memberikan informasi penting mengenai tingkat kesegaran daging [33]. Sensor TGS2602 mendeteksi gas dengan memanaskan elemen sensornya menggunakan pemanas internal hingga mencapai suhu optimal. Saat gas target seperti amonia atau hidrogen sulfida terdeteksi, gas tersebut bereaksi dengan material khusus pada elemen sensor, mengubah sifat konduktivitasnya. Perubahan konduktivitas ini menyebabkan resistansi elemen sensor menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas. Penurunan resistansi

ini diubah menjadi sinyal listrik yang diukur oleh sirkuit khusus dan dikonversi menjadi tegangan *output* yang sebanding dengan konsentrasi gas yang terdeteksi. Tegangan ini kemudian dibaca oleh mikrokontroler atau alat ukur lainnya dan diolah untuk menentukan konsentrasi gas yang terdeteksi.

2.2.9 Sensor pH

Sensor pH adalah sebuah elektroda yang terbuat dari gelas dan memiliki gelembung sensitif di ujungnya. Elektroda ini juga dilengkapi dengan larutan klorida yang memiliki pH yang sudah diketahui, serta elektroda referensi. Sensor pH ini juga dilengkapi dengan modul akuisisi data yang berfungsi untuk mengubah keluaran sensor menjadi tegangan pada pin analog. Karakteristik dari modul ini adalah semakin tinggi tingkat keasaman (pH asam) dalam air, maka tegangan yang dihasilkan juga semakin tinggi [34].

Dalam rancangan sensor pH yang menggunakan elektrode dengan jenis Elektrode BNC E-201C yang terkoneksi dengan Modul PH-4502C, terdapat suatu papan yang memiliki kemampuan menghasilkan *output* tegangan ke papan analog, yang merepresentasikan nilai pH. Sensor pH meter ini termasuk dalam kategori sensor kimia, dimana nilai *output* yang diberikan didasarkan pada reaksi kimia yang terdeteksi dan diubah menjadi sinyal tegangan listrik. Sensor ini terdiri dari dua jenis elektroda, yaitu elektroda kaca dan elektroda referensi. Elektroda kaca bertugas untuk mengukur jumlah ion yang terdapat dalam larutan, sementara elektroda referensi berperan dalam mengubah jumlah ion yang terbaca oleh elektroda kaca menjadi nilai tegangan analog [35].

Penelitian ini akan menggunakan sensor pH yang berfungsi sebagai penentuan kualitas daging sapi. Salah satu kategori yang menilai kualitas daging adalah nilai pH. Nilai pH yang berbeda disebabkan oleh perbedaan dalam kandungan glikogen daging, yang mengubah kecepatan glikolisis. Semakin rendah kadar glikogen dalam daging, proses glikolisis semakin lambat dan nilai pH juga semakin rendah. pH terendah yang dapat dicapai daging setelah fase rigormortis adalah 5,1, dan pH tertinggi adalah 6,2. pH di atas titik tertinggi akan memungkinkan pertumbuhan bakteri yang ideal, sehingga nilai pH akan mengalami peningkatan [36]. Spesifikasi Modul sensor pH yaitu :

- Tegangan : 5 0.2V (AC-DC)

- Arus kerja : 5-10mA
- Deteksi kisaran konsentrasi : PH 0-14
- Jangkauan deteksi suhu : 0-80 *Celcius*
- Waktu respon : 5s
- Waktu stabilitas : 60s
- Konsumsi daya : 0.5W
- Ukuran : 42mm x 32mm x 20mm
- Berat : 25g
- *Output* : analog sinyal *output* tegangan.

Elektroda pada sensor pH ditempatkan langsung pada daging yang sudah dicacah terlebih dulu dan elektroda dalam kondisi bersih sebelum pengukuran. Mikrokontroler akan membaca dan menampilkan nilai pH yang dihasilkan oleh sensor. Berdasarkan studi literatur yang dilakukan diperoleh pembacaan menunjukkan nilai pH kurang dari 5,7, daging dianggap terlalu asam dan tidak segar. Sebaliknya, jika pembacaan menunjukkan nilai pH lebih dari 6,2, daging dianggap sangat segar. Sementara itu, jika nilai pH berada antara 5,7 dan 6,2, daging dianggap segar dan dalam kondisi ideal [37].

2.2.10 LED

LED adalah sebuah komponen elektronik yang mampu menghasilkan cahaya. Komponen ini terbuat dari bahan semikonduktor dan dapat menghasilkan cahaya dengan satu warna tertentu ketika diberi tegangan maju. LED termasuk dalam jenis dioda, yang berarti hanya mengizinkan arus listrik mengalir ke satu arah saja. Cahaya akan dipancarkan oleh LED ketika tegangan listrik diterapkan dengan konfigurasi *forward* bias. Berbeda dengan dioda biasa, kemampuan arus yang bisa dialirkan oleh LED terbatas, yaitu maksimal 20 mA. Jika arus yang mengalir melebihi 20 mA, LED dapat mengalami kerusakan. Oleh karena itu, dalam rangkaian LED, sebuah resistor dipasang sebagai pembatas arus [38].

2.2.11 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara. *Buzzer* ini umumnya digunakan dalam sistem alarm dan juga dapat berfungsi sebagai indikator suara. Sebagai sebuah *transducer*, *buzzer* sederhana memiliki dua kaki, yaitu positif dan negatif. Penggunaan *buzzer* dapat

dilakukan dengan memberikan tegangan positif dan negatif antara 3 hingga 12 volt [39].

Buzzer memiliki prinsip kerja yang mirip dengan *loudspeaker*. Proses kerja *buzzer* melibatkan gelombang yang ada di diafragma dan arus listrik yang mengalir melalui elektromagnet. Gelombang tersebut akan tertarik ke luar atau ke dalam tergantung pada polaritas magnet dan arah arusnya. Hasilnya adalah gerakan gelombang yang acak, mengakibatkan udara bergetar dan menghasilkan suara. *Buzzer* sering digunakan sebagai indikator selesainya suatu proses atau adanya kesalahan yang terjadi [40].

2.2.12 Blynk

Blynk adalah *platform* aplikasi berbasis iOS dan Android yang dirancang untuk mengendalikan perangkat seperti Arduino, Raspberry Pi, dan sejenisnya melalui koneksi internet. *Blynk*, yang dirancang untuk *Internet of Things* (IoT), memiliki kemampuan untuk pengendalian perangkat keras secara jarak jauh. Selain itu, *platform* ini mampu menampilkan data sensor, menyimpan informasi, dan memvisualisasikan data. *Blynk* harus diinstal dan diatur agar dapat mengirimkan notifikasi kepada pengguna. *Blynk* diintegrasikan melalui *Blynk* id ke dalam kode program pada mikrokontroler yang diperoleh ketika membuat akun di *platform Blynk* [41].

2.2.13 Modul ADS1115

Modul ADS1115 adalah sebuah *Analog Digital Converter* (ADC) yang memiliki kemampuan membaca sinyal analog dengan resolusi tinggi, yaitu 16-bit, dan mampu melakukan konversi hingga 860 kali per detik. Dengan kata lain, modul ini dapat menghasilkan hasil konversi yang lebih akurat dibandingkan dengan mikrokontroler umum yang biasanya memiliki resolusi 10-bit. Komunikasi data pada modul ini menggunakan protokol I2C, yang memanfaatkan saluran komunikasi serial melalui kabel SDA (Serial Data) dan SCL (Serial Clock). Modul ADS1115 menyediakan 4 pin *channel* analog yang dapat digunakan dalam dua mode yaitu mode *single-ended* dan mode *differential*. Dalam mode *single-ended*, setiap *channel* bekerja dengan satu *input* ADC. Sedangkan dalam mode *differential*, modul bekerja dengan menggunakan dua pin *input*, yaitu pin masukan dari sensor dan pin *ground* [42].