

SKRIPSI

**KLASIFIKASI TINGKAT SANGRAI BIJI KOPI
DENGAN *ELECTRONIC NOSE* MENGGUNAKAN JARINGAN
SYARAF TIRUAN**

Disusun dan diajukan oleh:

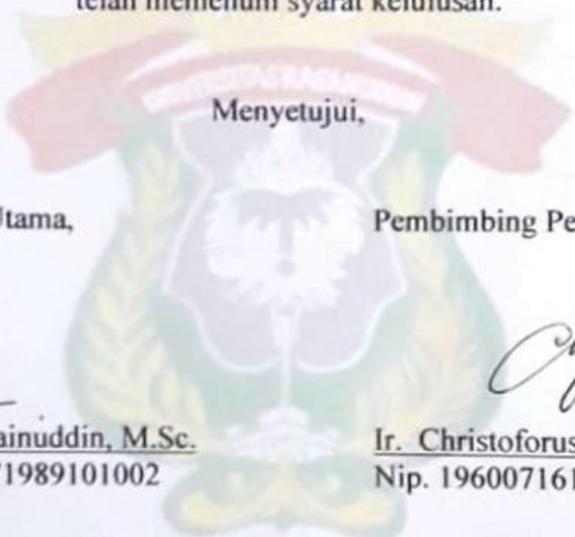
**ANDI MUH. AGUNG ALIF HIDAYAT
D42116502**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**KLASIFIKASI TINGKAT SANGRAI BIJI KOPI DENGAN *ELECTRONIC NOSE* MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN****Disusun dan diajukan oleh****ANDI MUH. AGUNG ALIF HIDAYAT****D42116502**

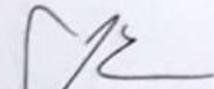
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 15 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.



Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.
Nip. 196404271989101002



Ir. Christoforus Yohannes, MT.
Nip. 196007161987021002

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.sys.IPM.ASEAN.Eng.
Nip. 19750716 200212 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Andi Muh. Agung Alif Hidayat

NIM : D42116502

Program Studi : Teknik Informatika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Klasifikasi tingkat sangrai biji kopi menggunakan *Electronic Nose* dengan Jaringan Syaraf Tiruan

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 31 Juli 2023

Yang Menyatakan



Andi Muh. Agung Alif Hidayat

ABSTRAK

ANDI MUH. AGUNG ALIF HIDAYAT. Klasifikasi Tingkat Sangrai Biji Kopi dengan *Electronic Nose* Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (dibimbing oleh Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. dan Ir. Christoforus Yohannes, M.T.)

Kopi yang telah disangrai akan membentuk senyawa gas pada biji kopi, sebagian besar yang terbentuk adalah karbon dioksida (CO₂). Kopi memiliki beberapa jenis antara lain kopi robusta, kopi arabika, kopi ekselsa, kopi tubruk, kopi latte dan kopi luwak namun pada penelitian ini hanya menggunakan jenis kopi robusta dan arabika. Setiap jenis tingkat sangrai biji kopi memiliki aroma khas tersendiri. Sehingga dibutuhkan suatu alat untuk dapat membedakan secara cepat dan tepat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tingkat sangrai biji kopi berdasarkan aroma yang terdapat didalamnya. Dataset yang digunakan untuk melakukan klasifikasi tingkat sangrai biji kopi robusta dan biji kopi arabika diperoleh dari hasil pengambilan data dari hasil perancangan miniatur *Electronic Nose*. Adapun data yang dikumpulkan berjumlah 900 data, dimana 720 data digunakan dalam tahap *training* dan 180 data digunakan dalam tahap *testing*. Penelitian ini menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan *Electronic Nose*. Dari hasil pengolahan model didapatkan hasil *True Positive* untuk masing-masing tingkat kematangan sangrai kopi yaitu 44 untuk Light, 55 untuk Medium dan 57 untuk Dark. Tingkat akurasi yang didapatkan dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan kopi yang telah disangrai adalah 86%.

Kata Kunci : *E-Nose*, Jaringan Syaraf Tiruan, Kopi, Mikrokontroller

ABSTRACT

ANDI MUH. AGUNG ALIF HIDAYAT. Classification of Coffee Bean Roast Levels with Electronic Nose Using Artificial Neural Networks (supervised by Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. dan Ir. Christoforus Yohannes, M.T.)

Coffee that has been roasted will form gaseous compounds in coffee beans, most of which is formed is carbon dioxide (CO₂). Coffee has several types including robusta coffee, arabica coffee, excelsa coffee, brewed coffee, latte coffee and luwak coffee but in this study only used robusta and arabica coffee types. Each type of roast level of coffee beans has its own distinctive aroma. So we need a tool to be able to distinguish quickly and precisely. Therefore, this study aims to classify the roasting level of coffee beans based on the aroma contained therein. The dataset used to classify the roast level of Robusta coffee beans and Arabica coffee beans was obtained from the results of data retrieval from the results of the Electronic Nose miniature design. The data collected amounted to 900 data, of which 720 data were used in the training phase and 180 data were used in the testing phase. This study uses the Artificial Neural Network method with Electronic Nose. From the results of model processing, True Positive results were obtained for each coffee roasting maturity level, namely 44 for Light, 55 for Medium and 57 for Dark. The level of accuracy obtained in classifying the maturity level of roasted coffee is 86%.

Keywords: *E-Nose*, Artificial Neural Networks, Coffee, Microcontrollers.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi Perancangan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kopi.....	4
2.2 Mikrokontroler Arduino Mega 2560.....	5
2.3 Modul Sensor.....	6
2.3.1 Sensor MQ-2.....	6
2.3.2 Sensor MQ-5.....	7
2.3.3 Sensor MQ-135.....	7
2.4 Electronic nose.....	8
2.5 Machine Learning.....	8
2.6 Artificial Neural Network (ANN).....	10
2.6.1 Fungsiaktivasi ReLU.....	10
2.6.2 Fungsi Aktivasi Softmax.....	10
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	12
3.1 Tahapan penelitian.....	12
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	14
3.3 Instrumen Penelitian.....	14
3.4 Teknik Pengambilan Data.....	15

3.5	Perancangan Alat dan Sistem	16
3.5.1	Perancangan Alat.....	16
3.5.2	Perancangan Sistem	18
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1	Hasil.....	23
4.2	Pembahasan	24
BAB 5	PENUTUP	28
A.	Kesimpulan	28
B.	Saran.....	28
	DAFTAR PUSTAKA	29
	LAMPIRAN.....	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tingkat roasting biji kopi	4
Gambar 2 Mikrokontroler Arduino Mega 2560	6
Gambar 3 Sensor MQ2.....	7
Gambar 4 Sensor MQ5.....	7
Gambar 5 Sensor MQ135.....	8
Gambar 6 Alur Tahapan Penelitian	12
Gambar 7 Lokasi penelitian pada Universitas Hasanuddin Kampus Fakultas Teknik Gowa	14
Gambar 8 Alur Teknik pengambilan data	15
Gambar 9 Skematik deteksi gas sensor MQ-2	16
Gambar 10 Skematik deteksi gas sensor MQ-5	17
Gambar 11 Skematik deteksi gas sensor MQ-135	18
Gambar 12 Rancangan Sistem	18
Gambar 13 Algoritma Artificial Neural Network	19
Gambar 14 Confusion Matrix	23
Gambar 15 Purwarupa Electronic Nose	24

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Wiring MQ-2 dan Arduino Mega 2560	16
Tabel 2 Wiring MQ-5 dan Arduino Mega 2560	17
Tabel 3 Wiring MQ-135 dan Arduino Mega 2560	17
Tabel 4 Klasifikasi Confussion matrix	21
Tabel 5 Hasil Pembacaan Sensor pada kopi light roast.....	24
Tabel 6 Hasil pembacaan sensor pada kopi medium roast.....	25
Tabel 7 Hasil pembacaan sensor pada kopi dark roast.....	25
Tabel 8 Pelebelan pada tingkat sangrai biji kopi.....	26

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur ke kehadirat Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Klasifikasi Tingkat Sangrai Biji Kopi dengan *Electronic Nose* Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan”** sebagai salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan program Strata-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Sholawat serta salam kepada nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan dan mengajarkan akhlak mulia sehingga didapatkan kenyamanan dan keramahan dalam berhubungan dengan disekitar.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan tugas akhir ini. Sehingga, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Andi Makmur Jaya, S.T. dan Ibu Hj. Andi Asmayanthi yang selalu memberi doa, dukungan semangat, dan motifasi, serta selalu sabar dalam mendidik penulis sejak kecil.
2. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. selaku pembimbing I, yang senantiasa memberikan saran-saran serta bantuan selama proses pengambilan data hingga selesainya system ini dibuat, dan Bapak Ir. Christoforus Yohannes, M.T. selaku pembimbing II, yang senantiasa menyediakan waktu, tenaga, pikiran, semangat dan perhatian yang luar biasa dalam membimbing penulis menyusun tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Indrabayu, S.T., M.T., M. Bus.Sys.IPM.ASEAN.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan.

4. Segenap Dosen dan Staff Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dan memberikan banyak ilmu serta dukungan selama masa perkuliahan.
5. Saudara-saudara IGNITER16 atas dukungan dan semangat yang diberikan selama ini kepada penulis.
6. Orang-orang berpengaruh lainnya yang tanpa sadar telah memotivasi dan membantu penulis.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari tugas akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penyusun berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Makassar, Juli 2023

Penulis

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis tertinggi diantara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Mutu biji kopi sangat bergantung pada proses pasca penanganan yang tepat di setiap prosesnya. Kopi yang dipetik pada saat tua merupakan kopi dengan mutu tinggi. Sebaliknya, kopi yang belum merah namun sudah dipetik akan mengakibatkan aroma dan rasa yang kurang karena masa masak buah kopi yang belum matang sempurna (Edvan & Edison, t.t.).

Aroma kopi hijau akan berubah drastis setelah terjadi proses penyangraian yang sangat kompleks dalam hal jenis dan jumlah zat kimia yang menguap. Penyangraian atau Roasting pada kopi merupakan langkah penting dalam pengolahan kopi yang menyebabkan perubahan kimiawi, fisika dan struktural yang dipengaruhi oleh berbagai faktor varietas tanaman, wilayah, kondisi tumbuh, pemrosesan, ukuran penggilingan dan brewing method. Pada kondisi pemanasan, perubahan fisika dan kimia pada kopi sangat kompleks dan mengikuti anjuran tertentu selama penyangraian.

Proses penyangraian adalah proses pembentukan rasa dan aroma pada biji kopi. Apabila biji kopi memiliki keseragaman dalam ukuran, *specific gravity*, tekstur, kadar air dan struktur kimia, maka proses penyangraian akan relatif lebih mudah untuk dikendalikan. Biji kopi memiliki perbedaan yang sangat besar, sehingga proses penyangraian merupakan seni dan memerlukan keterampilan dan pengalaman sebagaimana permintaan konsumen. Proses penanganan pasca panen dan pengolahan biji kopi perlu memperhatikan berbagai aspek yang dapat mempertahankan kualitas biji kopi tersebut. Salah satu hal terpenting yaitu pada proses penyangraiannya. Kualitas biji kopi dapat ditingkatkan bila proses penyangraian dilakukan pada suhu dan lama penyangraian yang tepat untuk mendapatkan kadar air dan tingkat keasaman yang sesuai dengan standar SNI 01-2983-1992 (Standar Nasional Indonesia, 1992) dan SNI 01-3542-2004 (Standar Nasional Indonesia, 2004) (Edvan & Edison, t.t.).

Selama proses penyangraian, biji kopi mengalami kenaikan suhu untuk waktu yang berbeda tergantung karakteristik produk akhir yang diinginkan. Seperti pada gaya Italian roasting yang suhunya berkisar antara 200 hingga 240 C. Kriteria biji kopi yang biasa digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan derajat penyangraian adalah pengukuran kelembaban, penurunan berat, densitas, warna dan rasa. Diantara yang disebutkan, yang terakhir adalah yang paling penting dalam mempengaruhi preferensi konsumen dan dalam menentukan kualitas produk akhir.

Dalam sangrai biji kopi masalah yang dihadapi dalam menentukan tingkat sangrai atau roaster memiliki pemahamannya sendiri-sendiri dan untuk menjadi seorang roaster profesional yang bersertifikat membutuhkan pelatihan yang lama dan mahal. Oleh karena itu, diharapkan menggunakan sistem ini dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan dan subjektivitas dalam menentukan tingkat sangrai biji kopi.

Jaringan syaraf tiruan menyediakan berbagai macam arsitektur jaringan dan pelatihan. Arsitektur jaringan dan pelatihan yang digunakan dapat dipilih agar jaringan syaraf tiruan dapat mempelajari dan menganalisis pola data masa lalu lebih tepat sehingga diperoleh keluaran yang lebih akurat (dengan kesalahan atau *error* minimum). Arsitektur *backpropagation* merupakan salah satu arsitektur jaringan syaraf tiruan yang dapat digunakan untuk mempelajari dan menganalisis pola data masa lalu lebih tepat sehingga diperoleh keluaran yang lebih akurat (dengan kesalahan atau *error* minimum).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah yang akan diuraikan dalam skripsi ini antara lain:

- a. Bagaimana sistem dapat mengklasifikasikan biji kopi yang sudah disangrai berdasarkan data dari *electronic nose*?
- b. Bagaimana hasil testing model dari sistem klasifikasi biji kopi yang sudah disangrai menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka dapat dibuat tujuan antara lain:

- a. Membuat model yang dapat mengklasifikasikan biji kopi yang sudah disangrai berdasarkan data dari *electronic nose*.

- b. Mengetahui hasil *testing* model dari sistem klasifikasi biji kopi yang sudah disangrai menggunakan metode jaringan saraf tiruan berbasis *electronic nose*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- a. Membantu industri kopi dalam upaya peningkatan *quality control*.
- b. Mendorong penggunaan teknologi *electronic nose* pada bidang industri, khususnya pada industri olahan biji kopi yang telah disangrai.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka ditetapkan ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Biji kopi yang digunakan adalah biji kopi Robusta dari daerah Kabupaten Gowa dan biji kopi Arabika dari daerah Latimojong Kabupaten Luwu.
- b. Objek penelitian berupa biji kopi yang sudah disangrai dibagi menjadi 3 kategori berdasarkan tingkat kematangan yaitu *light roasting*, *medium roasting* dan *dark roasting*.
- c. Sistem klasifikasi biji kopi menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan.
- d. Pengambilan data menggunakan *Electronic Nose*.
- e. Data sampel yang digunakan untuk menentukan mutu biji kopi dari aroma gasnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

Kopi merupakan hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis tertinggi diantara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Mutu biji kopi sangat bergantung pada proses pasca penanganan yang tepat di setiap prosesnya. Kopi yang dipetik pada saat tua merupakan kopi dengan mutu tinggi. Sebaliknya, kopi yang belum merah namun sudah dipetik akan mengakibatkan aroma dan rasa yang kurang karena masa masak buah kopi yang belum matang sempurna.

Kopi yang telah disangrai akan membentuk senyawa gas pada biji kopi, sebagian besar yang terbentuk adalah karbon dioksida (CO₂). Itulah sebabnya kenapa kopi yang baru disangrai kurang nikmat untuk diminum karena kita meminumnya bersamaan dengan senyawa karbon dioksida yang masih terlalu banyak pada kopi. Biasanya proses degassing pada kopi terjadi selama 2 minggu sampai 30 hari, namun setiap kopi berbeda – beda dalam proses degassing, tergantung jenis kopi dan ketebalan biji kopi (Susanti dkk., 2021).

Kopi robusta memiliki rasa lebih netral dan aroma kopi yang lebih kuat. Aroma dan rasa kopi dipengaruhi oleh senyawa *volatile* yang terkandung secara alami dalam kopi. Senyawa *volatile* (mudah menguap) yang terkandung dalam kopi yaitu seperti aldehida, keton, furfural, asam, ester dan alcohol (Lutfiah, 2002).

Adapun tingkat kematangan biji kopi yang telah di sangrai mempengaruhi karakter rasa dari minuman kopi terdapat macam-macam tingkat kematangan kopi yaitu *light roast*, *medium roast*, *dark roast* seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Tingkat roasting biji kopi

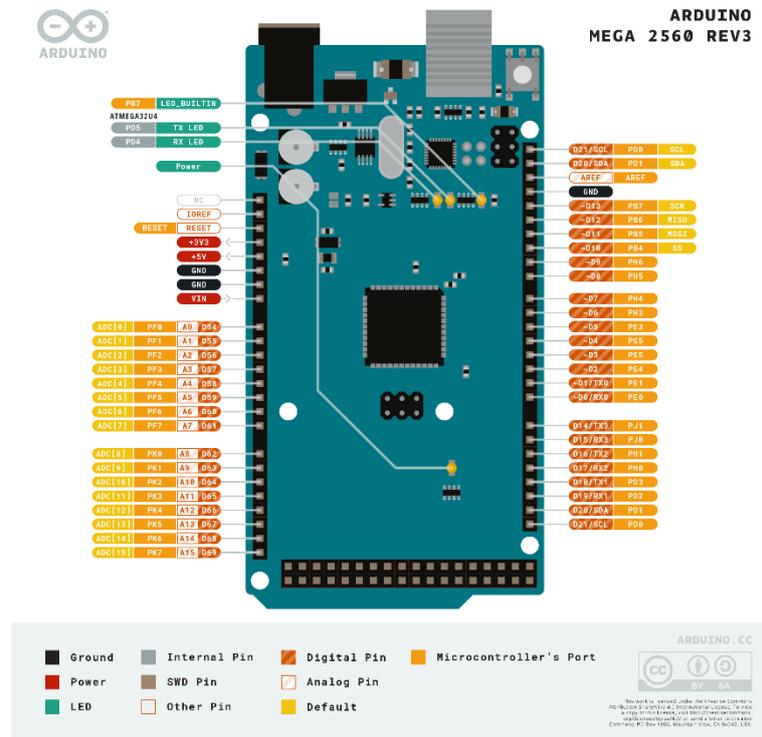
Kopi light roasting adalah proses pemanggangan biji kopi yang dilakukan pada suhu yang lebih rendah dan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan proses pemanggangan kopi medium atau dark roasting. Pemanggangan kopi light roast dilakukan pada suhu antara 180°C hingga 205°C dan waktu sekitar 8-12 menit (Sasongko & Rivai, 2018).

Pada kematangan medium roast juga dikategorikan sebagai kematangan full city, full city+, Vienna full city++. Kematangan medium roast berkisar pada suhu 210°C hingga 230°C setelah retakan pertama dan sebelum retakan kedua terjadi. Pada tingkat kematangan ini, kandungan cafein pada biji kopi lebih rendah dibandingkan kematangan tingkat light roast. Kematangan pada tingkat inilah yang banyak digunakan (Sasongko & Rivai, 2018).

Pada tingkat paling matang adalah dark roast atau juga bisa dikategorikan kematangan dengan tingkat french, nearly black. Biji kopi mulai berminyak dan warna biji kopi cenderung hitam. Rasa yang dihasilkan cenderung pahit. Kematangan pada tingkat ini berkisar pada suhu sekitar 240°C dengan ditandai retakan kedua yang terjadi pada biji kopi (Sasongko & Rivai, 2018).

2.2 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler Arduino Mega 2560 merupakan sebuah chip yang berukuran kecil dan dapat digunakan sebagai kendali utama dalam sebuah sistem elektronik. mikrokontroler terdiri memori, pin komunikasi, pin output dan input, serta sistem konversi analog ke digital. Dalam perkembangannya, mikrokontroler dikembangkan bersama dengan board pengembangan sehingga memudahkan untuk membuat program pada mikrokontroler. Mikrokontroler Arduino merupakan mikrokontroler yang bekerja pada kemampuan memori sebesar 10-bit atau sama dengan 1023. Arduino Mega 2560 merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang diproduksi oleh Arduino Company yang memiliki jumlah pin digital maupun analog lebih banyak dibandingkan dengan jenis Arduino yang lain, seperti Arduino micro, nano, dan uno (Rahardjo, 2022). Mikrokontroler Arduino Mega 2560 ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

2.3 Modul Sensor

Alat yang akan dirancang meliputi beberapa komponen yaitu sensor MQ-2, MQ-5, MQ-135, Modul sensor yang dirancang pada penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

2.3.1 Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 merupakan salah satu sensor yang peka terhadap asap. Sensor MQ-2 juga digunakan sebagai alat untuk membedakan pemusatan gas yang dapat menyala. Elemen utama sensor ini adalah SnO₂ dengan konduktivitas rendah di udara bersih, dengan asumsi ada pelepasan gas, konduktivitas sensor akan tinggi dan setiap peningkatan fokus gas, konduktivitas sensor juga akan meningkat. Sensor MQ-2 peka terhadap gas LPG, Propana, Hidrogen, Karbon Monoksida, Metana dan Alkohol dan gas mudah terbakar lainnya. Sensor ini dapat mengenali pemusatan gas yang dapat terbakar di udara dan asap dan hasilnya adalah tegangan sederhana. Sensor dapat mengukur fokus gas yang mudah terbakar dari sensor 300 hingga 10.000 ppm. Dapat bekerja pada suhu dari – 2000C hingga 5000C dan mengkonsumsi arus di bawah 150 mA pada 5V (Rahman dkk., 2022).

Sensor Mq2 ini memiliki 4 kaki yaitu, VCC, GND, pin digital dan pin analog yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Sensor MQ2

2.3.2 Sensor MQ-5

Sensor MQ 5 memiliki spesifikasi diantaranya yaitu memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gas LPG dan gas alam, memiliki sensitivitas yang rendah terhadap alkohol dan asap, memiliki respon yang cepat, stabil dan daya tahan pakai yang lama dan memiliki jangkauan deteksi yaitu antara 200 ppm sampai 10000 ppm (Putra dkk., 2019). Sensor Mq5 ini memiliki 4 kaki yaitu, VCC, GND, pin digital dan pin analog yang dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 Sensor MQ5

2.3.3 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa NH₃, NO_x, alkohol, benzol, asap (CO), CO₂, dan lain-lain. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar. Penyesuaian sensitifitas sensor ditentukan oleh nilai resistansi dari MQ-135 yang berbeda-beda untuk berbagai konsentrasi gasgas. Jadi, Ketika menggunakan komponen ini, penyesuaian sensitifitas sangat diperlukan.

Selain itu, kalibrasi pendeteksian konsentrasi NH₃ sebesar 100 ppm atau alkohol sebesar 50 ppm di udara (Rosa dkk., t.t.). Sensor Mq135 ini memiliki 4 kaki yaitu, VCC, GND, pin digital dan pin analog yang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5 Sensor MQ135

2.4 Electronic nose

Electronic nose (e-nose) adalah sebuah instrumen yang kerjanya meniru prinsip kerja indra penciuman. *Electronic nose* terdiri dari larik sensor (array sensor) gas sebagai pengganti reseptor penciuman yang berfungsi untuk mendeteksi bau atau aroma. Aroma yang dideteksi oleh beberapa sensor gas ini kemudian akan membentuk suatu pola tertentu. Pola ini kemudian akan dikenali menggunakan sistem pengenalan pola. Saat ini, *e-nose* digunakan untuk aplikasi kontrol kualitas dalam industri makanan, minuman, kosmetik, bioteknologi, pengobatan, dan perlindungan lingkungan. Pada industri makanan, *e-nose* telah digunakan untuk mendeteksi kesegaran makanan seperti daging sapi, daging babi, dan tahu. Oleh karena ikan juga memiliki keterbatasan dalam hal kesegaran, dan kesegaran ikan sangat berpengaruh pada aroma, maka perlu dilakukan penelitian mengenai kesegaran ikan berdasarkan aroma menggunakan sensor gas (Muhammad, 2020).

2.5 Machine Learning

Machine Learning adalah metode yang digunakan untuk membuat program yang bisa belajar dari data. Berbeda dengan program komputer biasa yang statis, program *machine learning* adalah program yang dirancang untuk mampu belajar sendiri (W. Yuciana, 2014).

Cara belajar program *machine learning* mengikuti cara belajar manusia, yakni belajar dari contoh-contoh. *Machine learning* akan mempelajari pola dari contoh-contoh yang dianalisa, untuk menentukan jawaban dari pertanyaan-pertanyaan berikutnya. Memang tidak semua masalah bisa dipecahkan dengan program *machine learning*. Namun, seringkali algoritma yang sifatnya kompleks, ternyata bisa dipecahkan dengan sangat simpel oleh *machine learning*. Beberapa contoh program *machine learning* yang telah digunakan dalam kehidupan sehari-hari: Pendeteksi Spam, Pendeteksi Wajah, Rekomendasi Produk, Asisten Virtual, Diagnosa Medis, Pendeteksi Penipuan Kartu Kredit, Pengenal Digit, Perdagangan Saham dan Segmentasi Pelanggan. Algoritma *machine learning* membuat model matematika berdasarkan *data sample* atau dikenal dengan *training dataset* untuk membuat prediksi atau peramalan dan untuk memastikan efisiensi model, digunakan *test dataset* (Bishop, 2006). Ada beberapa macam jenis algoritma pembelajaran dalam *machine learning*, yaitu:

1. *Supervised learning*

Supervised learning adalah pembelajaran yang dapat menerapkan informasi yang telah ada pada data dengan memberikan label tertentu, misalnya data yang telah diklasifikasikan sebelumnya (terarah). Permasalahan *Supervised Learning* dapat dikelompokkan menjadi masalah regresi (*regression problem*) dan masalah klasifikasi (*classification problems*).

2. *Unsupervised learning*

Unsupervised learning adalah pembelajaran yang digunakan pada data yang tidak mempunyai informasi yang dapat diterapkan secara langsung (tidak terarah). Algoritma ini diharapkan mampu menemukan struktur tersembunyi pada data yang tidak berlabel. Permasalahan *unsupervised learning* dapat dikelompokkan menjadi *clustering problems* dan *association problems*.

3. *Semi-supervised learning*

Semi-supervised learning adalah pembelajaran yang digunakan untuk melakukan pembelajaran data berlabel dan tanpa label. Sistem yang menggunakan metode ini dapat meningkatkan efisiensi *output* yang dihasilkan. Permasalahan ini berada di antara *supervised learning* dan *unsupervised learning*.

4. *Reinforcement learning*

Reinforcement learning adalah pembelajaran yang mempunyai kemampuan

untuk berinteraksi dengan proses belajar yang dilakukan, algoritma ini akan memberikan poin (*reward*) saat model yang diberikan semakin baik atau mengurangi poin (*punishment*) saat model yang dihasilkan semakin buruk. Salah satu penerapannya adalah pada mesin pencari.

2.6 Artificial Neural Network (ANN)

Artificial Neural Network (ANN) atau jaringan syaraf tiruan merupakan algoritma komputasi yang dapat memecahkan masalah kompleks yang meniru proses otak dalam cara yang disederhanakan dan terdiri dari neuron atau node buatan yang merupakan unit pemroses informasi yang tersusun berlapis-lapis dan saling berhubungan dengan bobot sinaptik/koneksi. Model arsitektur ANN adalah jaringan 3 (tiga) lapis dari node yang saling berhubungan, yaitu lapisan input (input layer), lapisan tersembunyi (hidden layer), dan lapisan output (output layer). Dalam setiap layer ANN terdapat fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi adalah fungsi yang akan menentukan keluaran suatu neuron yang berbentuk linear atau non linear. Terdapat beberapa fungsi aktivasi yaitu ReLU (Rectified Linear Unit), Softmax, Sigmoid, Linear, dan sebagainya. Fungsi aktivasi yang akan digunakan pada penelitian ini diantaranya:

2.6.1 Fungsiaktivasi ReLU

Fungsi ReLU (Rectified Linear Unit) adalah fungsi aktivasi yang mempunyai perhitungan sederhana. Jika terdapat elemen dengan nilai negatif maka nilai akan diubah menjadi 0, serta tidak ada operasi eksponensial, perkalian, atau pembagian. Fungsi aktivasi ReLU di rumuskan pada persamaan sebagai berikut:

$$f(x) = \max(0, x)$$

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x \leq 0 \\ x & \text{untuk } x > 0 \end{cases}$$

2.6.2 Fungsi Aktivasi Softmax

Fungsi aktivasi softmax merupakan fungsi yang digunakan dalam perhitungan probabilitas untuk menentukan klasifikasi multi kelas dengan output kelas yang mempunyai nilai probabilitas yang paling tinggi. Output yang dihasilkan fungsi aktivasi softmax mempunyai nilai probabilitas antara 0 hingga 1. Fungsi aktivasi softmax dirumuskan pada persamaan berikut :

$$f_x = \frac{\text{Exp}(Xi)}{\sum_j^k \text{Exp}(Xi)}, \text{nilai } i = 0, 1, 2 \dots k$$