

Klasifikasi Aroma Teh Dengan Menggunakan Sensor Gas Berbasis Arduino Uno

Arisudin¹, Mochtar Yahya², Danang Erwanto³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kadiri Kediri

Email: udinaris426@gmail.com

Abstrak

Teh adalah salah satu produk minuman yang dibuat dari daun teh muda dan sudah melalui proses pengolahan seperti pelayuan, oksidasi enzimatis, penggilingan, serta pengeringan. Kandungan senyawa kimia yang ada didalam teh adalah katekin, vitamin E, vitamin C, tanin, flavonoid, theofilin, polifenol, dan sejumlah mineral seperti Mg, Ge, Mo, Se dan Zn. Sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) serta DHT-22 yang disusun membentuk larik sensor gas diaplikasikan untuk membaca kadar gas pada uap air teh. Dalam penelitian ini sampel teh yang digunakan meliputi teh oolong, teh hitam, teh hijau, dan teh putih. Dari penelitian ini aroma teh dapat dibaca oleh sistem yang telah dibuat dan diklasifikasikan jenis tehnya menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan dan diperoleh hasil berupa akurasi dengan nilai 0,71, presisi dengan nilai 0,71, Recal dengan nilai 0,72 dan f-measure dengan nilai 0,71.

Kata kunci: sensor gas, DHT-22, jaringan syaraf tiruan, teh.

Abstract

Tea is a beverage product made from young tea leaves and has gone through processing processes such as withering, enzymatic oxidation, milling, and drying. The content of chemical compounds present in tea are catechins, vitamin E, vitamin C, tannins, flavonoids, theofilin, polyphenols, and minerals such as Mg, Ge, Mo, Se and Zn. This research applies gas sensors (MQ-3, MQ-4, MQ-5 and MQ-135) and DHT-22 which are arranged to form an array of gas sensors to read gas levels in tea water vapor. In this study, the tea samples used included oolong tea, black tea, green tea, and white tea. From this study the aroma of tea can be read by a system that has been made and classified the type of tea using the Artificial Neural Network method and the results obtained are accuracy with a value of 0.71, precision with a value of 0.71, Recal with a value of 0.72 and f-measure with value 0.71.

Keywords: gas sensor, DHT-22, neural network, tea.

1. PENDAHULUAN

Teh adalah produk minuman yang mempunyai banyak manfaat untuk tubuh manusia, Teh dibuat dari pucuk teh (*Camellia Sinensis*). Tanaman teh tumbuh di wilayah tropis dan subtropis seperti di Indonesia. Kandungan senyawa kimia yang ada didalam teh adalah katekin, vitamin E, vitamin C, tanin, flavonoid, theofilin, polifenol, dan sejumlah mineral seperti Mg, Ge, Mo, Se dan Zn [1]. Meskipun dari tanaman yang sama, teh mempunyai beberapa jenis. Yang membedakan dari semua jenis teh ini adalah proses pembuatannya. Kualitas teh dapat dibedakan dengan tiga patokan antara lain warna, rasa dan aroma. Kebanyakan produsen teh memanfaatkan metode tester manusia dalam menentukan kualitas dari produksi tehnya. Teknik tersebut efektif untuk memastikan kualitas teh dari sisi warna, namun kurang efektif untuk penentuan kualitas teh dari sisi aroma. Pengalaman, kesehatan, dan kondisi psikologis tester sangat mempengaruhi hasil evaluasinya. Oleh sebab itu penggunaan sensor gas menjadi alternatif lain dalam pengujian kualitas teh berdasarkan aromanya karena cara ini merupakan metode yang cepat, akurat, dan terkomputerisasi.

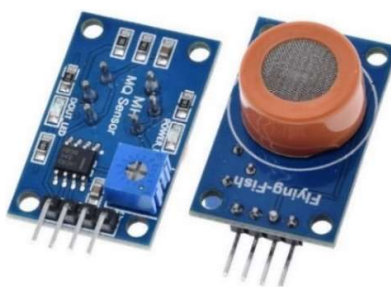
Beberapa penelitian penggunaan *electronic nose* untuk mengidentifikasi kualitas teh menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Statistical Quality Control* (SQC) [2]. Selain itu *electronic nose* digunakan untuk prediksi titik optimum dari fermentasi teh hitam [3]. Sensor gas TGS 2602, TGS 2610, TGS 2620, TGS 2622, dan TGS 822 diaplikasikan sebagai *electronic nose* yang meniru cara kerja hidung untuk identifikasi aroma teh menggunakan metode *backpropagation* [4]. .

Dalam penelitian ini aplikasi *electronic nose* menggunakan empat sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) dan sensor kelembaban DHT-22 yang disusun membentuk larik sensor gas untuk membaca kadar gas dari aroma teh oolong, teh hitam, teh hijau, dan teh putih. Hasil Pembacaan oleh empat sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) dan sensor kelembaban DHT-22 yang disusun membentuk larik sensor gas kemudian diklasifikasikan jenis tehnya dengan menerapkan metode Jaringan Syaraf Tiruan metode *backpropagation*. Metode *backpropagation* adalah metode yang paling baik digunakan untuk mengatasi masalah pengenalan pola-pola kompleks [5]. Dari penelitian tersebut diharapkan dapat menghasilkan alat yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis teh berdasarkan aromanya.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Sensor MQ-3

MQ-3 adalah sensor udara yang diterapkan untuk mengukur konsentrasi gas alkohol. MQ-3 sangat sensitif terhadap alkohol dan kurang sensitif terhadap Benzene [7]. Bentuk dan model dari modul sensor Gas MQ-3 ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Sensor Gas MQ-3

Materi sensor MQ-3 tersusun dari lapisan kristal metal oksida (SnO_2) yang memiliki konduktivitas yang kecil pada udara bersih. Ketika terdeteksi keberadaan gas ethanol atau alkohol oleh materi sensor akan membuat hambatan sensor berubah-ubah. Jika kadar ethanol tinggi, membuat hambatan MQ-3 menurun sehingga tegangan *output* akan naik. Permukaan bahan metal oksida (SnO_2) akan bereaksi dengan molekul-molekul oksigen yang berada di udara ketika kristal metal oksida (SnO_2) berada pada kondisi normal yaitu pada suhu kamar,

2.3 Sensor MQ-4

MQ-4 adalah sensor udara yang diterapkan untuk mengukur konsentrasi *compressed natural gas* (CNG)/gas alam terkompresi, terutama yang mengandung gas metana/methane (CH_4) dan merupakan bentuk paling sederhana dari senyawa hidrokarbon [8]. Sensor gas MQ-4 sangat sensitif terhadap CNG serta mampu mengukur kadar gas alam pada udara mulai dari 300 ppm sampai dengan 10.000 ppm. Bentuk dan model dari modul sensor Gas MQ-4 ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Sensor Gas MQ-4

2.4 Sensor MQ-5

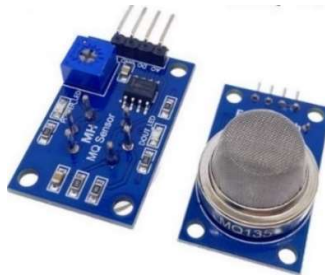
MQ-5 adalah sensor universal yang dapat mengukur berbagai jenis kadar gas seperti butana (C_4H_{10}), propana (C_3H_8), ethanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), methane (CH_4), karbon monoksida (CO), hidrogen (H_2), dan gas hidrokarbon lainnya. Spesifikasi yang dimiliki MQ-5 diantaranya yaitu mempunyai sensitivitas yang rendah terhadap asap dan alkohol, stabil, mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap gas alam dan gas LPG, daya tahan pakai yang lama, mempunyai respon yang cepat dan jangkauan pengukuran berada diantara 200 ppm hingga 10000 ppm [9]. Bentuk dan model dari modul sensor Gas MQ-5 ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Sensor Gas MQ-5

2.1 Sensor MQ-135

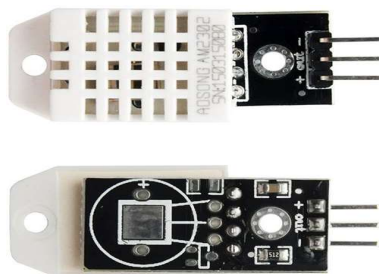
MQ-135 merupakan sensor udara untuk mendeteksi karbon dioksida (CO_2), benzena (C_6H_6), alkohol atau ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), natrium-(di)oksida (NO_x), gas amonia (NH_3), sulfur-hidroksida (H_2S) atau gas belerang serta gas-gas lainnya yang berada dalam atmosfer [6]. MQ-135 mengirimkan hasil pembacaan kualitas udara dalam bentuk perubahan nilai resistansi analog pada pin *output*-nya. MQ-135 beroperasi dengan tegangan 5 Volt dan mengeluarkan sinyal *output* analog. Ukuran fisik MQ-135 tidak terlalu besar, namun MQ-135 memiliki performa yang paling baik di kelasnya. Bentuk dan model dari modul sensor Gas MQ-135 ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Sensor Gas MQ-135

2.5 Sensor DHT-22

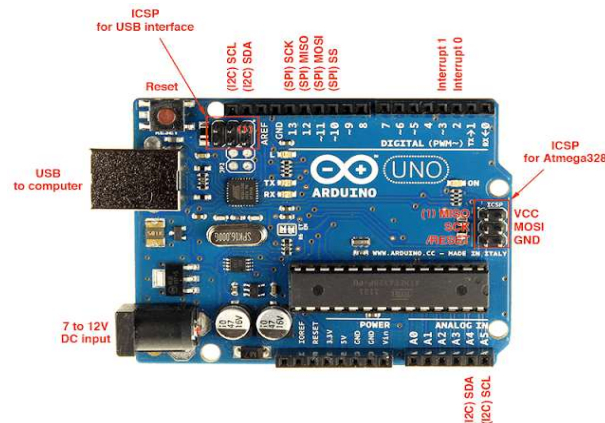
DHT-22/AM2302 adalah sensor yang diterapkan untuk mengukur kelembaban dan suhu relatif sensor dengan *output* berupa *digital-output*. DHT-22 mempunyai fitur kalibrasi yang sangat akurat dan tingkat stabilitas yang sangat baik. OTP *program memory* menyimpan koefisien kalibrasi, sehingga pada saat terdeteksi sesuatu oleh *internal sensor*, maka koefisien tersebut disertakan oleh DHT-22 pada perhitungannya. Bentuk dan model dari DHT-22 disajikan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Sensor DHT-22

2.6 Arduino Uno

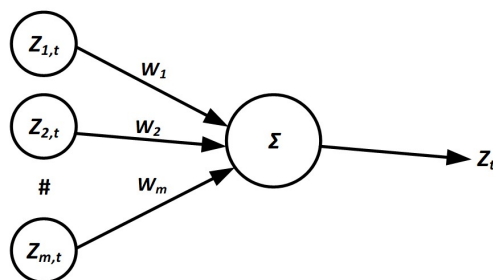
Arduino Uno merupakan sebuah papan elektronik yang tertanam Mikrokontroler Atmega328 (sebuah *chip* yang secara fungsional berperan seperti sebuah komputer) [10]. Arduino Uno bersifat *open-source*, memiliki 14 pin digital *input/output* dimana 6 pin diantaranya difungsikan sebagai *output* PWM, memiliki 6 pin masukan analog. Arduino Uno menggunakan mikrokontroler keluarga AT Mega yang diproduksi oleh Atmel sebagai *chip* utama. Akan tetapi juga ada perusahaan/perorangan yang membuat *clone* Arduino dengan memasang mikrokontroler lain namun tetap sesuai dengan Arduino pada level *hardware* [11]. Arduino Uno diprogram menggunakan Arduino IDE. Bentuk dan model dari Arduino Uno diperlihatkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Arduino Uno

2.7 Jaringan syaraf tiruan (JST)

Artificial Neural Network (ANN)/Jaringan syaraf tiruan (JST) atau biasa disebut *Neural Network* (NN) saja, adalah model pemroses informasi dengan karakteristik yang meniru jaringan syaraf yang dimiliki makhluk hidup. JST merupakan suatu bentuk sederhana yang menyerupai syaraf fisik pada otak manusia misalnya suatu unit *threshold* yang biner. JST adalah suatu mesin pembelajaran/ *machine learning* yang dibentuk oleh sejumlah komponen pemrosesan sederhana dengan nama *node* atau neuron. Masing-masing *node* terhubung dengan *node* yang lain melalui jaringan komunikasi langsung menggunakan pola jaringan yang dinamakan sebagai arsitektur jaringan. Nilai-nilai parameter pada koneksi menggambarkan besarnya informasi yang yang dipakai oleh jaringan. Algoritma yang dipakai untuk menetapkan parameter koneksi tersebut disebut dengan algoritma pembelajaran. Masing-masing *node* memiliki derajat aktivasi yang merupakan fungsi dari *input* yang masuk pada *node* tersebut. Aktivasi dikirim dari suatu *node* menuju *node* lain dalam bentuk sinyal dan hanya dapat mengirim sekali dalam satu waktu, Walaupun sinyal tersebut didistribusikan pada beberapa *node* lainnya. Ilustrasi struktur JST digambarkan oleh Gambar 7.



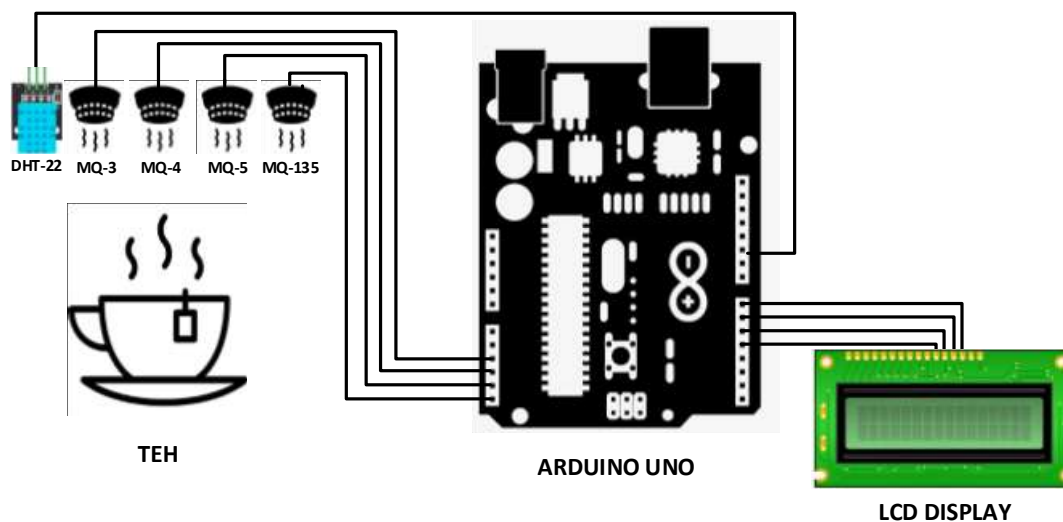
Gambar 6. Ilustrasi struktur JST

3. METODE

Penelitian ini menerapkan empat sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) dan sensor kelembaban DHT-22 yang disusun membentuk larik sensor gas untuk membaca kadar gas dari aroma teh dan Arduino Uno digunakan sebagai pengolah data yang dibaca oleh kelima sensor tersebut. Proses perancangan sistem dimulai dengan mendesain alat *electronic nose* dari *hardware* dan *software* yang kemudian diimplementasikan berupa bentuk nyata dengan hasil keluaran berupa data.

3.1 Perancangan Hardware

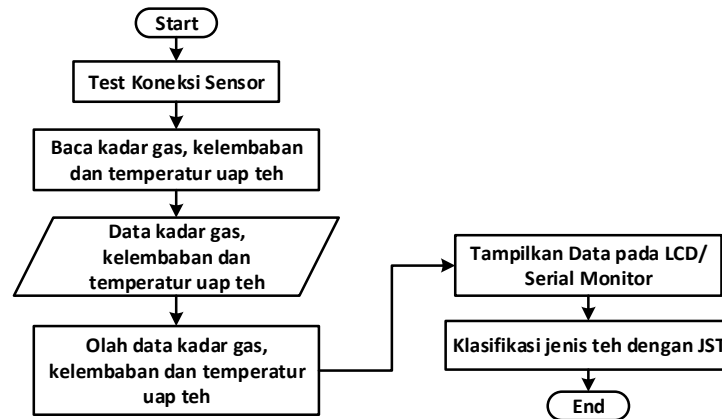
Tahap perancangan *hardware* merupakan tahapan merancang seluruh komponen perangkat keras yang akan digunakan untuk merancang alat pengklasifikasi aroma teh menggunakan empat sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) dan sensor kelembaban DHT-22. Ilustrasi dari perangkat keras tersebut disajikan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Ilustrasi perangkat keras pengklasifikasi aroma teh menggunakan lima sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135)

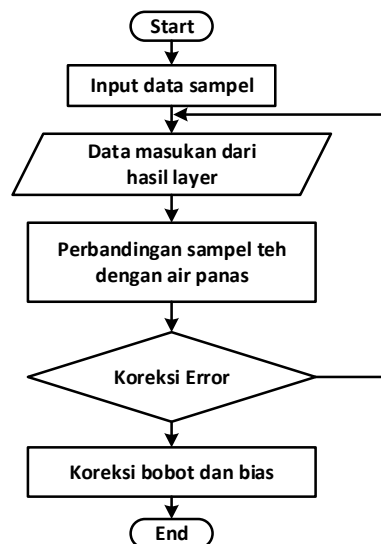
3.1 Perancangan Software

Desain cara kerja dari alat pengklasifikasi jenis teh yang digunakan dalam penelitian ini disajikan oleh Gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 8. Diagram alir alat pengklasifikasi jenis teh dengan JST

Pada *flowchart* diatas merupakan alur kerja dari alat pengklasifikasi aroma teh menggunakan sensor gas dengan Arduino Uno. Pada *flowchart* diatas yaitu empat sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) dan sensor kelembaban DHT-22 mendeteksi kadar gas serta kelembaban dan temperature dari uap teh yang berada di dalam ruang tertutup, kemudian data-data yang dideteksi oleh sensor dikirimkan ke Arduino Uno untuk di tampilkan ke LCD. Sedangkan proses pembobotan data dengan JST ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 9. Proses Pembobot Data

Proses pembobotan diawali dari input input data sampel sehingga diperoleh data masukan dari hasil layer, dan kemudian dilanjutkan pada proses perbandingan antara sampel teh dengan air panas. Setelah proses perbandingan target *error* mencapai 0,06 sebanyak 10.000 kali, maka proses perbandingan berakhir, kemudian dihasilkan koreksi dari bobot jaringan. Jika tidak maka proses akan diulangi ke proses *input* data pada hasil layar, kemudian data sampel dibuat *input* untuk mencari klasifikasi antar sampel dengan nilai target 100 persen.

Dari hasil klasifikasi jenis teh berdasarkan aromanya menggunakan JST, kemudian dilakukan evaluasi performa klasifikasinya menggunakan tabel confusion

matrix sehingga diperoleh Akurasi (*Acc*), Presisi (*Prec*), *Recall* (*Rec*) dan *F-Measure* yang dihitung menggunakan persamaan 1 sampai dengan persamaan 4 [12].

$$Acc = \frac{(TP + TN)}{(TP + FP + FN + TN)} \quad (1)$$

$$Prec = \frac{TP}{(TP + FP)} \quad (2)$$

$$Rec = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (3)$$

$$F - Measure = \frac{2 \times Rec \times Prec}{(Rec + Prec)} \quad (4)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai klasifikasi aroma teh dengan menggunakan sensor gas berbasis Arduino Uno menghasilkan data berupa kadar gas dalam uap teh yang dibaca oleh empat sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) dan sensor kelembaban DHT-22 sebagai masukan Arduino Uno untuk mengklasifikasikan jenis teh menggunakan JST. Gambar 10 merupakan hasil pembuatan alat untuk mengklasifikasikan jenis teh.



Gambar 10. Hasil perancangan alat klasifikasi jenis teh

Ketika melakukan pengujian, teh diseduh pada sebuah gelas dengan air yang sudah mendidih, kemudian diletakkan pada tempat yang telah disediakan dan selanjutnya alat dinyalakan. Pada proses pengujian ini, sensor akan membaca kadar gas pada uap air dari teh yang diseduh dengan air panas. Gambar 11 merupakan proses pengujian sampel teh.



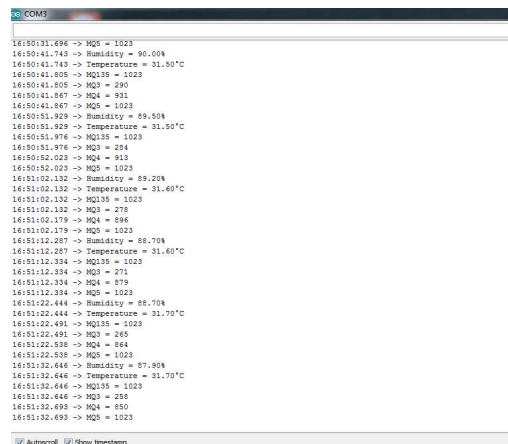
Gambar 11. Proses pengujian sampel teh

Setelah dibaca oleh sensor, data dikirimkan ke Arduino untuk diolah oleh Arduino sehingga data ditampilkan oleh LCD dan dapat diklasifikasikan jenis tehnya. Gambar 12 merupakan tampilan hasil pengujian pada layar LCD.



Gambar 12. Tampilan hasil pengujian pada layar LCD

Selain itu data juga dapat ditampilkan pada jendela serial monitor dari Arduino IDE sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 13 sebagai berikut.

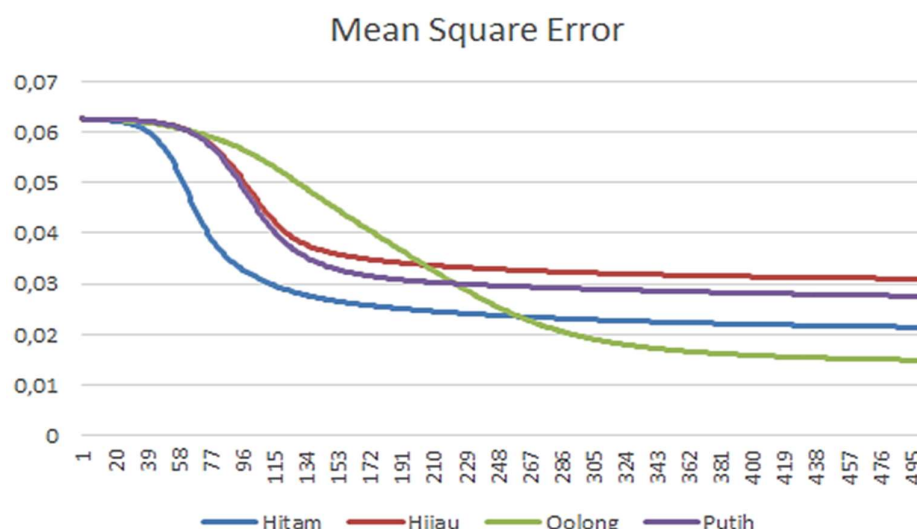


Gambar 13. Tampilan hasil pengujian pada serial monitor Arduino IDE

4.1 Hasil *Learning Data* Teh

Pada pengujian ini dilakukan dengan mengambil setiap data ADC (*Analog to Digital Converter*) yang dihasilkan pada teh oolong, teh hitam, teh hijau, teh putih, dan air panas. Setiap data ADC (*Analog to Digital Converter*) membutuhkan 50 percobaan untuk dijadikan perbandingan antar sampel, dimana setiap percobaan diberi jeda waktu 10 detik.

Berdasarkan hasil pengujian dari keempat sampel teh dan air panas sebagai nilai MSE (*Mean Square Error*), terdapat nilai perbedaan yang dihasilkan tidak stabil sehingga sangat sulit menghasilkan jawaban yang tepat. Dengan perbandingan masa/data 10.000 dan kecepatan pembelajaran lebih dari 0, dan kurang dari 1. diperoleh Grafik *Learning Data MSE (Mean Square Error)* yang ditunjukkan oleh Gambar 13 sebagai berikut.



Gambar 13. Grafik Learning Data Mean Square Error (MSE)

Pada gambar 13 menunjukkan perbedaan sampel teh yang didapat dari hasil pengambilan data pada box alat uji dengan spesifikasi empat sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) dan sensor kelembaban DHT-22 untuk mengetahui kadar kelembapan dan suhu pada setiap sampel yang diujikan.

Grafik tersebut digunakan untuk mengetahui *error* pada data uji yang dilakukan, semakin menjauhi *error* berarti pengambilan data dinyatakan memiliki nilai keberhasilan mendekati 100 %, apabila grafik tidak menunjukkan penurunan, maka nilai presentase keberhasilan rendah.

4.2 Hasil Pembacaan Data

Hasil pengujian data ini dijadikan bahan pada proses klasifikasi pada masing-masing jenis sampel. Pengujian dilakukan 5 kali percobaan pada masing-masing jenis teh. Data hasil pengujian disajikan oleh Tabel 1 hingga Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 1. Pembacaan sampel Teh Oolong

Pengujian ke-	MQ-3/ alkohol	MQ-4/ methane	MQ-5/ ethanol	MQ-135/ amonia	DHT-22/ humidity	DHT-22/ temperature
1	94	457	473	335	93,2	39,5
2	94	457	468	307	91,6	39,6
3	93	451	459	286	88,1	39,6
4	93	451	458	314	86,9	39,6
5	92	449	456	276	89,7	39,7

Tabel 2. Pembacaan sampel Teh Hitam

Pengujian ke-	MQ-3/ alkohol	MQ-4/ methane	MQ-5/ ethanol	MQ-135/ amonia	DHT-22/ humidity	DHT-22/ temperature
1	107	524	513	341	99,9	36,6
2	103	497	489	338	98,8	37,7
3	106	495	479	310	98,5	38,7
4	103	495	489	305	93,7	39,2
5	100	473	475	339	92,1	39,3

Tabel 3. Pembacaan sampel Teh Hijau

Pengujian ke-	MQ-3/ alkohol	MQ-4/ methane	MQ-5/ ethanol	MQ-135/ amonia	DHT-22/ humidity	DHT-22/ temperature
1	112	502	523	329	99,9	33,3
2	105	495	508	287	99,9	34,4
3	104	493	505	283	99,9	35,3
4	102	492	504	277	99,9	35,9
5	102	490	499	310	99,9	36,6

Tabel 4. Pembacaan sampel Teh Putih

Pengujian ke-	MQ-3/ alkohol	MQ-4/ methane	MQ-5/ ethanol	MQ-135/ amonia	DHT-22/ humidity	DHT-22/ temperature
1	428	460	99,6	74	36,2	74
2	446	473	99,2	81	37,2	81
3	453	475	97,3	85	37,7	85
4	455	476	97,5	88	38,2	88
5	455	475	96,4	90	38,5	90

Data sampel teh oolong, teh hitam, teh hijau, dan teh putih yang berupa ADC diinputkan pada tabel *input* data sampel untuk dijadikan presentase secara bertahap sesuai urutan pengujian, dari hasil nilai data teh Oolong, dan teh Putih terdapat nilai kemiripan, hal ini dipengaruhi dari sifat sensor yang tidak bisa stabil dan konsisten terhadap sampel teh.

4.2 Hasil Evaluasi Klasifikasi

Hasil evaluasi klasifikasi jenis teh berdasarkan aromanya menggunakan tabel *confusion matrix* diperoleh data yang disajikan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Evaluasi Klasifikasi

n = 200		Terklasifikasi			
		Teh Oolong	Teh Hitam	Teh Hijau	Teh Putih
Data Asli	Teh Oolong	46	9	4	15
	Teh Hitam	1	28	6	1
	Teh Hijau	2	8	37	4
	Teh Putih	1	5	3	30

Pada tabel 5 dijelaskan bahwa hasil evaluasi dari klasifikasi metode JST terhadap teh oolong, teh hitam, teh hijau, dan teh putih dengan menggunakan sensor gas berbasis Arduino Uno. Dari hasil klasifikasi diperoleh akurasi dengan nilai 0,71, presisi dengan nilai 0,71, *recall* dengan nilai 0,72 dan *f-measure* dengan nilai 0,71. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode JST dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis teh oolong, teh hitam, teh hijau, dan teh putih dengan menggunakan empat sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) dan sensor kelembaban DHT-22.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa alat yang telah dibuat dapat membaca kadar gas amonia, alkohol, *methane*, *ethanol*, *humidity*, dan *temperature* kemudian hasil pembacannya ditampilkan pada LCD dan *serial monitor* Arduino IDE. Hasil evaluasi menggunakan tabel *confusion matrix* terhadap klasifikasi jenis teh menggunakan jaringan syaraf tiruan diperoleh akurasi dengan nilai 71, presisi dengan nilai 0,71, *recall* dengan nilai 0,72 dan *f-measure* dengan nilai 0,71. Sehingga dapat dikatakan bahwa JST metode *backpropagation* dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis teh oolong, teh hitam, teh hijau, dan teh putih dengan menggunakan empat sensor gas (MQ-3, MQ-4, MQ-5 dan MQ-135) dan sensor kelembaban DHT-22.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] S. Suwardi, "Sistem Pengenalan Aroma Teh Dalam Instrumen Penciuman Elektronik Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan," *GRADIEN J. Ilm. MIPA*, vol. 8, no. 2, hal. 796–801, 2012.
- [2] H. M. Zhang, F. L. Chang, Y. C. Yu, Y. J. He, H. Li, dan X. C. Chen, "Application of Electronic Nose in Tea Quality Recognition," in *Advanced Materials Research*, 2012, vol. 422, hal. 43–46.
- [3] M. Sharma, D. Ghosh, dan N. Bhattacharya, "Electronic Nose--A new way for predicting the optimum point of fermentation of Black Tea," *Int J Eng Sci Inven.*, vol. 2, hal. 56–60, 2013.
- [4] O. A. Putra, F. Firdaus, dan M. H. Hersyah, "Identifikasi Aroma Teh Dengan E-nose Menggunakan Metode Backpropagation," *Pros. Semnastek*, 2015.
- [5] M. M. Arifin dan Y. B. Utomo, "Expert System to Diagnose Computer Hardware Damage Using Artificial Neural Networks," *JTECS J. Sist. Telekomun. Elektron.*

Sist. Kontrol Power Sist. dan Komput., vol. 1, no. 1, hal. 75–84, 2020.

- [6] N. A. Sabuag, J. Ricohermoso, M. J. Amper, R. A. Espino, dan R. Luna, “Ambient Air Quality Measurement using ATmega328 Microcontroller and MQ-135 Gas Sensor for Vehicular Emission Detection along commercial roads of Metro Manila,” in *[2019-MADRID] Congreso Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, 2019.
- [7] P. Sahu, S. Dixit, S. Mishra, dan S. Srivastava, “Alcohol detection based engine locking system using MQ-3 sensor,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 4, hal. 979–981, 2017.
- [8] O. Anisa, “Rancang Bangun Pengukur Kadar Gas Metana Pada Lahan Gambut Menggunakan Sms gateway Dan Sensor MQ4 berbasis Mikrokontroler,” *POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA*, 2017.
- [9] R. L. Ismai, J. E. Suseno, dan S. Suryono, “Rancang bangun sistem pengaman kebocoran gas LPG (Liquefied Petroleum Gas) menggunakan mikrokontroler,” *Youngster Phys. J.*, vol. 6, no. 4, hal. 368–376, 2017.
- [10] N. S. Devi, D. Erwanto, dan Y. B. Utomo, “Perancangan Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembaban Pada Ruangan Budidaya Jamur Tiram Berbasis IoT,” *MULTITEK Indones.*, vol. 12, no. 2, hal. 104–113, 2018.
- [11] S. Rahardiansyah, D. Siswanto, F. Rofii, dan M. I. Fanani, “Kendali Pengunci Pintu Secara Nirkabel Menggunakan Wemos Arduino,” *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 02, hal. 127–142, 2020.
- [12] D. Chicco dan G. Jurman, “The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation,” *BMC Genomics*, vol. 21, no. 1, hal. 1–13, 2020.