

Klasifikasi Mutu Biji Kakao berbasis Data *Electronic Nose* menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan

Ghazy Timor Prihanda¹, Dahnil Syaupy², Mochammad Hannats Hanafi Ichsan³

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹ghazytp@student.ub.ac.id, ²dahnil87@ub.ac.id, ³hanas_hanafi@ub.ac.id

Abstrak

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* Linn) merupakan salah satu unggulan ekspor komoditas perkebunan di Indonesia. Untuk menjaga kualitas komoditas kakao, pemerintah memberlakukan aturan SNI 2323-2008 mengenai standar mutu dari biji kakao. Persyaratan khusus dalam aturan tersebut membagi komoditas biji kakao menjadi 3 kelas, yaitu: Kelas Mutu I, Kelas Mutu II, dan Kelas Mutu III. Kualitas aroma dari biji kakao merupakan salah satu standar yang terdapat dalam peraturan tersebut. Selama ini kualitas mutu aroma biji kakao diidentifikasi menggunakan human tester, yang memiliki kelemahan tidak stabil dan bersifat subjektif. Dengan adanya perkembangan teknologi, *electronic nose* yang terdiri dari rangkaian sensor gas dapat menganalisis dan mengenali karakteristik dari sampel gas yang kompleks. Sehingga penelitian ini dilakukan dengan membuat sistem klasifikasi jenis mutu biji kakao berdasarkan aromanya menggunakan *electronic nose*. Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) digunakan untuk mengenali pola pada data *electronic nose* sehingga sistem dapat mengidentifikasi jenis mutu biji kakao berdasarkan aromanya. Sistem *electronic nose* dibangun dengan menggunakan 3 sensor gas yaitu: MQ 2, MQ 3, dan MQ 135. Proses pengolahan data dan klasifikasi implementasi JST dilakukan menggunakan Arduino MEGA 2560. Hasil penelitian menunjukkan metode JST mampu mengidentifikasi jenis mutu biji kakao dengan tingkat keberhasilan sebesar 77.78% dan rata – rata waktu komputasi yang dibutuhkan adalah 1.1317244 detik.

Kata kunci: *biji kakao, klasifikasi, electronic nose, sensor gas, Jaringan Syaraf Tiruan (JST)*

Abstract

Cocoa (Theobroma cacao Linn) is one of the leading export commodities of plantations in Indonesia. To maintain the quality of cocoa commodities, the government enforces the rules of SNI 2323-2008 regarding the quality standards of cocoa beans. The special requirements in the regulation divide cocoa bean into 3 classes, namely: Kelas Mutu I, Kelas Mutu II, and Kelas Mutu III. The aroma quality of cocoa beans is one of the standards contained in the regulation. So far, the quality of cocoa bean aroma has been identified using a human tester, which has the weakness of being unstable and subjective. With the development of technology, an electronic nose consisting of a series of gas sensors can analyze and recognize the characteristics of complex gas samples. So this research was carried out by making a classification system for the quality of cocoa beans based on their aroma using an electronic nose. The classification system used to measure quality of cocoa beans uses the Artificial Neural Network (ANN) method, to identify patterns in identifying the type of quality of cocoa beans based on their aroma. The electronic nose system was built using 3 gas sensors, namely: MQ 2, MQ 3, and MQ 135. The data processing and classification of ANN implementation were carried out using Arduino MEGA 2560. The results showed that the ANN method was able to identify the type of quality of cocoa beans with a success rate of 77.78 % and the average computation time required is 1.1317244 seconds.

Keywords: *cocoa beans, classification, electronic nose, gas sensors, Artificial Neural Network (ANN)*

1. PENDAHULUAN

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* Linn), biasa dikenal dengan cokelat di Indonesia

merupakan salah satu produk komoditas perkebunan unggulan. Kualitas kakao Indonesia memiliki kelebihan yaitu memiliki kandungan lemak cokelat titik, titik leleh yang

cukup tinggi, dan bubuk cokelat yang berkualitas tinggi (Hatmi dan Rustijarno, 2012). Mayoritas kakao yang dihasilkan perkebunan rakyat, memiliki citra yang kurang baik di pasar internasional, dikarenakan biji kakao yang dihasilkan mayoritas merupakan biji – biji tanpa melalui proses fermentasi, memiliki tingkat kotoran tinggi, serta terkontaminasi jamur, serangga, atau mitotoksin (Nurhadi et al., 2019).

Istilah dari biji kakao yang disebutkan dalam penelitian ini dapat diartikan sebagai biji yang didapatkan dan dihasilkan dari tanaman kakao, yang kemudian dibersihkan dan melalui proses fermentasi serta dikeringkan. Pada akhir tahun 2011, pemerintah meberlakukan SNI 2323-2008 tentang pengaturan standar mutu biji kakao. Penggolongan dan klasifikasi dari jenis mutu biji kakao diatur oleh SNI tersebut berdasarkan persyaratan umum dan khusus untuk menjaga nilai konsistensi kualitas mutu biji kakao yang dihasilkan (Ariyanti, 2017).

Berdasarkan SNI 2323-2008 untuk penggolongan standar dari mutu biji kakao yang telah dikeringkan dibedakan menjadi tiga jenis yaitu: (1) menurut jenis tanamannya, biji kakao digolongkan menjadi dua jenis varian tanaman yaitu varian mulia (*fine cocoa*) dan varian lindak (*bulk cocoa*), (2) menurut ukuran biji kakao yang dinyatakan dalam jumlah biji per 100 gram, digolongkan menjadi lima golongan, yaitu AA, A, B, C, S, (3) menurut jenis mutu biji kakao dibagi menjadi tiga jenis, yaitu kelas mutu I, kelas mutu II, dan kelas mutu III (Lestari, 2019). Selain hal tersebut, terdapat persyaratan umum biji kakao yang harus sesuai dengan SNI, mencakup uji serangga hidup, tingkat kadar air, biji yang berbau asap (*hammy*) atau berbau asing, serta tingkat jumlah kadar benda asing, serta persyaratan khusus yang mencakup kadar biji yang berjamur, kadar biji salty, kadar biji terkontaminasi berserangga, kadar kotoran atau *waste*, dan kadar biji berkecambah.

Salah satu parameter penting dalam menentukan standar mutu biji kakao yang dijelaskan dalam syarat umum SNI tentang biji kakao adalah harus bebas dan terhindar dari bau asap dan atau bau asing lainnya. Selama ini identifikasi aroma biji kakao dilakukan secara manual menggunakan *human tester* atau orang yang sudah melalui pelatihan dan berpengalaman, serta memiliki kekuatan dengan suatu badan hukum tertentu (Wahyudi, Panggabean dan Pujyanto, 2009). Namun

klasifikasi aroma kakao berdasarkan indera penciuman manusia tidak stabil dan dapat bersifat subjektif karena bergantung pada kondisi fisik dan pengalaman masing – masing individu.

Metode lain yang dapat digunakan untuk mengklasifikasi mutu biji kakao adalah dengan menggunakan analisa jenis zat kimia dan pengamatan dengan spektrum gas yang terkandung pada biji kako dengan akurasi yang tinggi. Namun metode tersebut memerlukan biaya yang tinggi dan memerlukan ahli dalam mengoperasikan alatnya (Rahman, Lelono dan Triyana, 2018). Melalui pendekatan aorma, metode lain yang dapat digunakan dalam mengklasifikasikan kakao adalah dengan menggunakan *electronic nose* atau hidung elektronik .

Electronic nose aatau hidung elektronik didefinisikan sebagai perangkat yang dirancang untuk meniru sistem penciuman mamalia (Di Rosa et al., 2017; Song et al., 2013), yang terdiri dari (1) sistem pengambilan sampel gas, (2) rangkaian sensor kimia, dan (3) metode untuk pengenalan pola (Persaud, 2016). Implementasi *electronic nose* pada saat ini telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti industri perikanan, makanan, medis, dan farmasi.

Aroma atau bau yang ditangkap oleh rangkaian sensor gas pada *electronic nose* akan menghasilkan data yang kemudian dapat diidentifikasi dengan menggunakan metode pengenalan pola. Penggunaan metode untuk melakukan pengenalan pola yang performanya dapat diandalkan serta cukup baik dan akurat dalam mengklasifikasikan kelompok data adalah Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation. Berdasarkan persoalan yang telah diuraikan, dibangun sistem untuk melakukan pengenalan dan klasifikasi jenis mutu biji kakao dengan pendekatan aroma menggunakan *electronic nose* berbasis JST. Diharapkan mampu mengklasifikasikan jenis mutu biji kakao berdasarkan SNI 2323-2008 yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

2. PERANCANGAN & IMPLEMENTASI

2.1. GAMBARAN UMUM

Sistem dibuat untuk dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan biji kakao berdasarkan jenis mutunya yang dibagi dalam 3 kelas, yaitu: kelas mutu I, kelas mutu II, dan kelas mutu III.

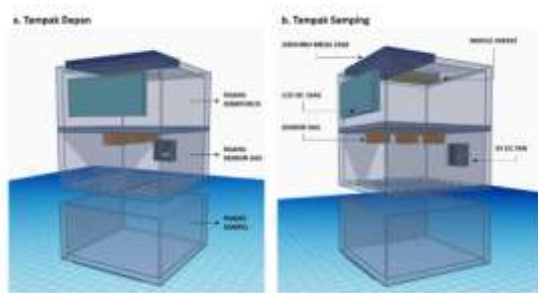
Rangkaian sensor gas yang terdiri dari MQ 2, MQ 3, dan MQ 135 berfungsi sebagai *electronic nose* untuk menangkap aroma dari biji kakao dan menjadi data. Kemudian dari data yang diperoleh akan diolah dan diklasifikasikan menggunakan Arduino MEGA 2560, hasil klasifikasi tersebut akan ditampilkan pada LCD I2C 16x2.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

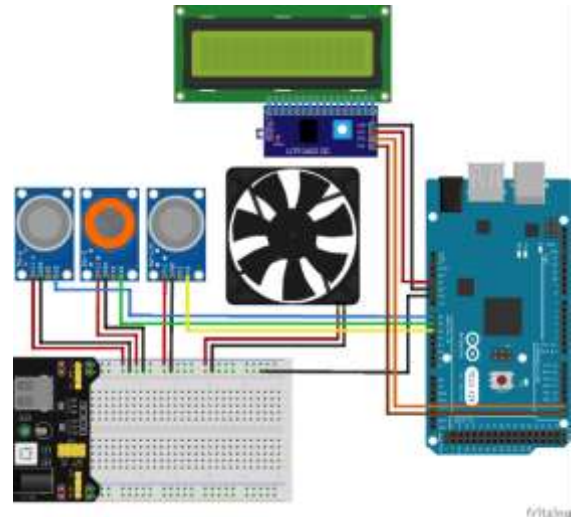
2.2. PERANCANGAN SISTEM

Sistem didesain dengan ruang sampel dan ruang sensor yang berbentuk kotak yang dapat dihubungkan langsung. Dalam ruang sensor terdapat kipas yang berfungsi untuk membersihkan aroma pada ruang sensor dan menarik aroma dari ruang sampel. Rangkaian sensor gas yang digunakan menggunakan sumber daya yang terpisah dari Arduino MEGA 2560, dengan memanfaatkan Modul MB102 sebagai sumber dayanya.



Gambar 2 Desain Alat

Setelah desain alat dibuat, kemudian perangkat keras yang digunakan akan dihubungkan dan dikonfigurasi satu sama lain dengan melakukan koneksi terhadap pin – pin yang terdapat pada komponen perangkat keras tersebut. Skema konfigurasi perancangan perangkat keras sistem ditunjukkan pada Gambar 3 dan dijelaskan pada Tabel 1.



Gambar 3 Skema Perancangan Perangkat Keras

Komponen perangkat keras yang digunakan kemudian akan diatur dan dikonfigurasi sehingga dapat bekerja dengan baik. Konfigurasi dan koneksi pin pada komponen perangkat keras yang digunakan pada sistem ini dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perancangan Konfigurasi Pin Sistem

Perangkat	Pin Perangkat	Pin	
		Arduino MEGA 2560	Modul MB102
MQ 2	D0	-	-
	A0	A0	-
	VCC	-	VCC
	GND	-	GND
MQ 3	D0	-	-
	A0	A1	-
	VCC	-	VCC
	GND	-	GND
MQ 135	D0	-	-
	A0	A2	-
	VCC	-	VCC
	GND	-	GND
LCD I2C 16x2	SDA	20	-
	SCL	21	-
	VCC	VCC	-
	GND	GND	-
Modul MB102	VCC	-	-
	GND	GND	-

Perancangan perangkat lunak dilakukan agar komponen perangkat keras yang telah terhubung dapat digunakan sesuai dengan tujuan dari sistem ini. Hal tersebut dilakukan dengan membuat kode program atau *source code* yang proses mencakup proses pengambilan data, pengolahan data, dan menghasilkan output berupa hasil klasifikasi

jenis mutu biji kakao.

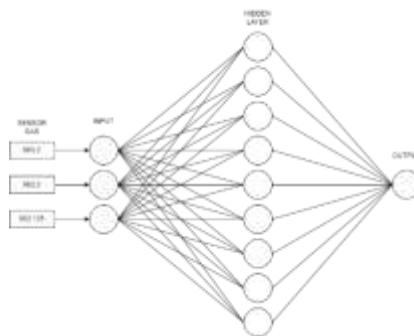


Gambar 4 Flowchart Sistem

Dalam penggunaannya, sensor gas membutuhkan waktu pemanasan atau *preheating* agar pembacaan yang dilakukan sensor stabil sebelum dapat digunakan. Setelah waktu pemanasan sensor selesai, pada sistem ini sampel biji kakao akan dimasukkan ke ruang sampel. Kemudian ruang sampel akan dihubungkan dengan ruang sensor gas, selama 30 detik. Aroma yang dihasilkan dari biji kakao kemudian akan ditangkap oleh sensor gas sebagai data berupa perubahan nilai analog. Data tersebut kemudian akan dinormalisasikan dengan rumus normalisasi (1).

$$Normalisasi = \left(\frac{data - data_{min}}{data_{max} - data_{min}} \right) \quad (1)$$

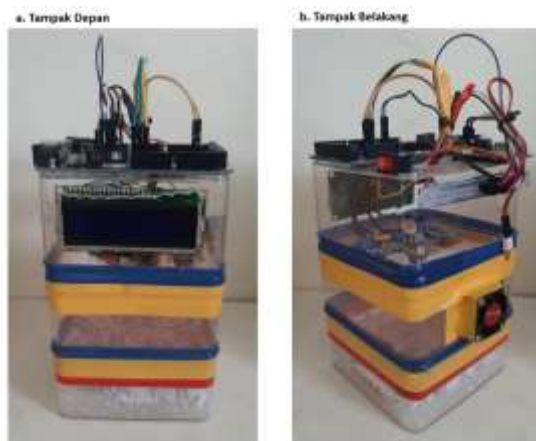
Data yang telah dinormalisasi digunakan sebagai *input* JST, yang kemudian akan diklasifikasikan berdasarkan data latih yang diambil dengan langkah yang sama sebelumnya. Hasil klasifikasi kemudian akan ditampilkan pada LCD I2C 16x2.



Gambar 5 Struktur JST Backpropagation

Metode JST pada sistem ini menggunakan metode *backpropagation* yang digunakan untuk melatih data latih yang didapatkan dari *electronic nose*. Rancangan struktur JST ditunjukkan pada Gambar 5, terdiri dari 3 layer yaitu: (1) *input layer*, yang terdapat 3 *neuron* yang untuk menerima masukan dari 3 sensor gas, (2) *hidden layer*, yang terdapat 9 *neuron*, (3) *output layer*, yang terdiri dari 1 *neuron*. Pelatihan data atau proses *training* yang dilakukan dengan menggunakan *Web App MLP Topology Workbench* untuk menghasilkan bobot. Bobot yang telah didapatkan dari proses pelatihan data kemudian diaplikasikan pada Arduino MEGA 2560 dengan menggunakan *Library Neurona* sehingga sistem dapat mengklasifikasikan jenis mutu biji kakao.

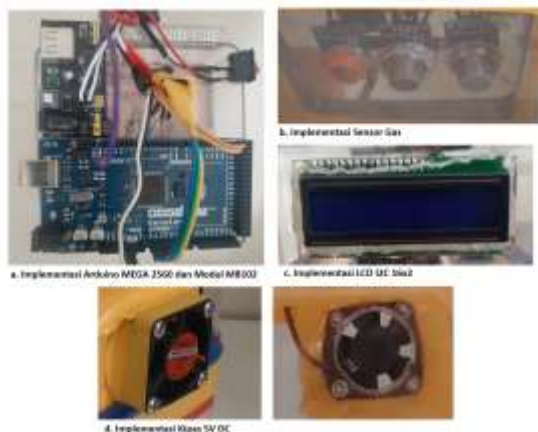
2.3. IMPLEMENTASI SISTEM



Gambar 6 Implementasi Sistem

Sistem diimplementasikan sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Implementasi sistem dilakukan dengan membuat alat sesuai dengan desain alat menggunakan bahan plastik dengan dimensi keseluruhan berukuran 10 x 10 x 15 cm. Alat dibagi menjadi 3 bagian, ruang komponen, ruang sensor gas, dan ruang sampel. Pada Gambar 6 (a) merupakan tampak depan alat, (b)

merupakan tampak samping.



Gambar 7 Implementasi Perangkat Keras

Komponen perangkat keras yang digunakan akan diatur dan dikonfigurasi sesuai dengan perancangan perangkat keras yang dilakukan. Pada Gambar 7 (a) menunjukkan implementasi dari penggunaan Arduino MEGA 2560 dan modul MB102 yang terdapat pada ruang komponen, (b) menunjukkan implementasi rangkaian sensor gas yang terdapat pada ruang sensor gas, (c) menunjukkan implementasi penggunaan LCD I2C 16x2 yang terletak pada ruang komponen, (d) menunjukkan implementasi penggunaan kipas pada ruang sensor gas.

Tabel 2 Parameter Kelas Berdasarkan Nilai Variabel Output JST

NN_VAL	Kelas
0 – 4.9	Mutu I
5 – 9.9	Mutu II
10 >	Mutu III

Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan membuat kode program yang dijalankan pada Arduino MEGA 2560. Tahapan yang dilakukan dari sistem dimulai dari *preheating* sensor gas dilakukan selama 180 detik, pengambilan data 30 detik, pengolahan data, proses klasifikasi dengan metode JST, dan *flushing* atau proses membersihkan bau pada ruang sensor gas selama 120 detik.

Struktur dan parameter JST yang dibuat menggunakan bobot hasil pelatihan data yang dilakukan pada *Web App MLP Topology Workbench*. Pada proses klasifikasi JST akan menghasilkan output berupa nilai antara 0 – 10 yang disimpan dalam variabel NN_VAL. Nilai tersebut kemudian akan menjadi parameter yang membedakan kelas jenis mutu biji kakao.

3. PENGUJIAN

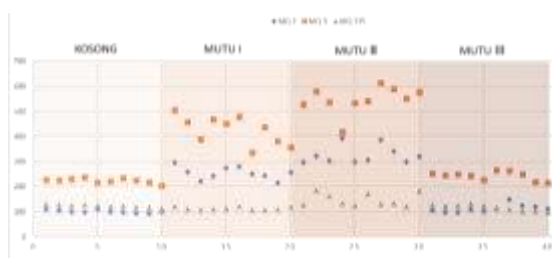
3.1. PENGUJIAN SENSOR GAS

Pengujian sensor gas dilakukan dengan membandingkan nilai analog yang didapatkan oleh sensor gas MQ 2, MQ 3, dan MQ 135 terhadap objek yang terdapat pada ruang sampel.

Tabel 3 Pengujian Sensor Gas

NO	OBJEK	MQ 2	MQ 3	MQ 135
1	KOSONG	109	227	130
2	KOSONG	105	225	127
3	KOSONG	99	229	124
4	KOSONG	97	236	128
5	KOSONG	109	216	124
6	MUTU I	295	505	121
7	MUTU I	259	458	110
8	MUTU I	221	389	108
9	MUTU I	241	467	110
10	MUTU I	273	451	112
11	MUTU II	296	528	127
12	MUTU II	322	580	184
13	MUTU II	302	536	163
14	MUTU II	392	417	133
15	MUTU II	289	533	124
16	MUTU III	104	252	127
17	MUTU III	97	245	122
18	MUTU III	98	249	124
19	MUTU III	107	244	131
20	MUTU III	101	226	125

Hasil pengujian sensor gas pada Tabel 3 menunjukkan perbedaan nilai analog dari sensor gas yang membentuk pola terhadap objek yang terdapat pada ruang sampel. Perbedaan pola tersebut menjadi indikasi jika ketiga jenis mutu biji kakao dapat dibedakan dengan menggunakan metode JST.








Gambar 8 Grafik Respon Sensor Gas

3.2. PENGUJIAN LCD I2C 16x2

Sebagai output dari sistem, pengujian

kemampuan dan kinerja dari LCD I2C 16x2 dalam menampilkan output dari sistem klasifikasi mutu biji kakao berdasarkan data electronic nose menggunakan metode jaringan syaraf tiruan akan diuji sehingga dapat diketahui bekerja dengan baik atau tidak.

Tabel 4 Pengujian LCD I2C 16x2

(KOORDINAT) & INPUT	OUTPUT	KET.
(0, 0); "KAKAO 1"		BERHASIL
(1, 1); "KAKAO 2"		BERHASIL
(7, 0); "KAKAO 3"		BERHASIL
(8, 1); "KAKAO 4"		BERHASIL
(0, 0; 0,1); "#- KAKAO-- KAKAO-#"		BERHASIL
Presentase Keberhasilan		100 %

3.3. PENGUJIAN AKURASI KLASIFIKASI JST

Pada penelitian ini total dataset yang digunakan adalah 48 data latih dan 12 data uji yang didapatkan dari sampel biji kakao kering untuk setiap jenis mutu. Pengujian akurasi klasifikasi JST dilakukan dengan menguji tingkat akurasi JST yang digunakan pada sistem ini dengan menggunakan data uji yang digunakan.

Tabel 5 Pengujian Akurasi Klasifikasi JST

KELAS	LABEL	NNV	HASIL	KESESUAIAN
MUTU I	0	0.16	M1	BENAR
	0	0.16	M1	BENAR
	0	0.00	M1	BENAR
	0	0.18	M1	BENAR
MUTU II	0.5	4.84	M2	BENAR
	0.5	4.81	M2	BENAR
	0.5	4.99	M2	BENAR
	0.5	4.92	M2	BENAR
MUTU III	1	10.00	M3	BENAR
	1	10.00	M3	BENAR

1	10.00	M3	BENAR
1	10.00	M3	BENAR

Presentase Keberhasilan 100 %

Dari total 12 data uji yang digunakan, hasil pengujian menunjukkan presentase keberhasilan dari akurasi klasifikasi JST menunjukkan hasil 100%.

3.4. PENGUJIAN WAKTU KOMPUTASI SISTEM

Pengujian waktu komputasi sistem dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui durasi waktu yang dibutuhkan oleh sistem dalam melakukan 1 kali siklus komputasi dan durasi waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan JST.

Tabel 6 Pengujian Waktu Komputasi Sistem

SIKLUS	WAKTU KESELURUHAN	WAKTU JST
Siklus 1	216.479912	1.131728
Siklus 2	216.479912	1.131716
Siklus 3	215.439824	1.13172
Siklus 4	215.44002	1.1317
Siklus 5	215.439316	1.131744
Siklus 6	215.440036	1.131756
Siklus 7	215.439968	1.131744
Siklus 8	215.440256	1.131724
Siklus 9	215.439632	1.131756
Siklus 10	215.440204	1.131732
Siklus 11	215.439868	1.131716
Siklus 12	215.43978	1.131692
Siklus 13	215.440032	1.131764
Siklus 14	215.440148	1.131752
Siklus 15	215.439684	1.131724
Siklus 16	215.439836	1.131728
Siklus 17	215.43972	1.131696
Siklus 18	215.439632	1.131684
Siklus 19	215.439888	1.131708
Siklus 20	215.439836	1.131704
Rata - rata	215.5438752	1.1317244

Dapat diketahui dari hasil pengujian waktu komputasi yang ditunjukkan pada Tabel 6, rata – rata waktu yang dibutuhkan untuk keseluruhan sistem berjalan pada satu siklus adalah 215.5438752 detik dan rata – rata waktu yang dibutuhkan untuk proses JST adalah 1.1317244 detik.

3.5. PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan sebagai hasil dari implementasi dari sistem klasifikasi mutu biji kakao berdasarkan data

electronic nose menggunakan metode jaringan syaraf tiruan. Kemampuan dan kinerja dari keseluruhan sistem akan diuji sehingga dapat diketahui keseluruhan sistem dapat bekerja dengan baik atau tidak.

Tabel 7 Pengujian Keseluruhan Sistem

SAMP L	M Q 2	M Q 3	M Q 135	NNVA L	HASI L
MUTU IA	246	432	162	0.97	M1
MUTU IA	321	549	187	7.44	M2
MUTU IA	271	496	153	0.12	M1
MUTU IA	305	559	156	5.4	M2
MUTU IA	287	524	159	4.01	M1
MUTU IB	258	471	146	0	M1
MUTU IB	234	386	140	5.63	M2
MUTU IB	208	396	131	8.16	M2
MUTU IB	214	437	134	0.17	M1
MUTU IB	231	450	139	0	M1
MUTU IC	265	491	143	0	M1
MUTU IC	250	470	140	0	M1
MUTU IC	225	446	134	0.02	M1
MUTU IC	252	490	145	0	M1
MUTU IC	265	504	152	0.2	M1
MUTU IIA	332	551	176	5.34	M2
MUTU IIA	322	498	171	7.31	M2
MUTU IIA	320	555	171	5.18	M2
MUTU IIA	354	569	167	5.53	M2
MUTU IIA	319	503	145	5.43	M2
MUTU IIB	339	617	179	4.8	M2
MUTU IIB	279	483	150	0.02	M1
MUTU IIB	341	530	163	5.86	M2
MUTU IIB	292	514	149	3.32	M1

MUTU IIB	276	489	147	0.04	M1
MUTU IIC	259	505	133	0.49	M1
MUTU IIC	271	512	145	0.91	M1
MUTU IIC	335	572	166	5.32	M2
MUTU IIC	333	532	162	5.73	M2
MUTU IIC	362	566	165	55.78	M2
MUTU IIIA	155	391	127	9.97	M3
MUTU IIIA	178	357	139	10	M3
MUTU IIIA	170	356	131	10	M3
MUTU IIIA	202	409	141	9.93	M3
MUTU IIIA	191	395	140	10	M3
MUTU IIIB	227	469	144	0	M1
MUTU IIIB	172	385	138	10	M3
MUTU IIIB	180	397	141	10	M3
MUTU IIIB	152	327	125	10	M3
MUTU IIIB	139	295	120	10	M3
MUTU IIIC	109	265	114	10	M3
MUTU IIIC	212	392	145	9.98	M3
MUTU IIIC	197	392	141	10	M3
MUTU IIIC	164	324	128	10	M3
MUTU IIIC	153	315	124	10	M3

Presentase Keberhasilan 77.78%

Dapat diketahui dari hasil pengujian keseluruhan sistem yang ditunjukkan pada Tabel 7, menghasilkan akurasi yang cukup baik yaitu sebesar 77,78%. Dari total 45 kali pengujian yang dilakukan, terdapat 10 kesalahan dalam mengklasifikasikan jenis mutu biji kakao berdasarkan aromanya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini dibuat sistem yang dapat melakukan klasifikasi terhadap jenis mutu dari biji kakao menurut SNI 2323-2008 berdasarkan aroma yang dihasilkan. *Electronic nose* digunakan untuk menangkap aroma yang dihasilkan dari biji kakao dan kemudian

diklasifikasikan berdasarkan 3 kelas yaitu: kelas mutu I, kelas mutu II, kelas mutu III dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Rangkaian sensor gas yang terdiri dari sensor gas MQ 2, MQ 3, dan MQ 135, digunakan sebagai *electronic nose*.

Dari pengujian yang dilakukan, data biji kakao sebagai sampel yang ditangkap *electronic nose* membentuk pola yang berbeda untuk setiap jenis mutunya. Perbedaan pola tersebut yang membuat penggunaan metode klasifikasi jaringan syaraf tiruan sebagai metode pengenalan pola memungkinkan untuk dilakukan.

Total terdapat 60 data yang dikumpulkan yang dibagi dalam 3 kelas. Data latih sebanyak 48 data dan 12 sebagai data uji digunakan untuk melatih jaringan syaraf tiruan dan menghasilkan akurasi 99,99%. Pada pengujian keseluruhan sistem secara langsung, dari total 45 kali percobaan terdapat 10 kesalahan dengan perhitungan akurasi sebesar 77,78%. Untuk rata-rata durasi waktu untuk proses jaringan syaraf tiruan adalah 1.1317244 detik dan waktu keseluruhan komputasi sistem pada satu kali siklus komputasi adalah 215.5438752 detik.

Dari kesimpulan akhir yang dirumuskan, saran yang dapat diberikan oleh penulis yang mungkin dapat membantu pengembangan dari penelitian yang mungkin akan dilakukan berikutnya agar lebih baik. Untuk meningkatkan akurasi pembacaan *electronic nose* terhadap jenis mutu biji kakao dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah data latih dan pengkondisian ruang uji yang lebih baik. Selain itu variabel penilaian untuk klasifikasi jenis mutu biji kakao dapat ditambahkan jenis dan variasinya, seperti kadar air, atau pengenalan citra. Proses identifikasi atau pengenalan pola dari data *electronic nose* terhadap jenis mutu biji kakao dapat dilakukan dengan mengimplementasikan metode pengenalan pola yang lain seperti PCA, SVM, Decision Tree, dan lain-lain yang mungkin dapat membuat kinerja sistem lebih baik dari segi akurasi dan ketepatannya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, C.C., 2018. *Neural Networks and Deep Learning*. [daring] Cham: Springer International Publishing. Tersedia pada: <<https://neoteric.eu/blog/10-use-cases-of-ai-in-manufacturing/>>.
- Agus Perdana Windarto, D.N., Anjar Wanto, Frinto Tambunan, M.S.H., Muhammad Noor Hasan Siregar, M.R.L. dan Solikhun, Yusra Fadhillah, D.N., 2020. Jaringan Saraf Tiruan: Algoritma Prediksi dan Implementasi. *Journal of Chemical Information and Modeling*, .
- Anon 2021. MQ-3 Alcohol Sensor Module Pinout, Datasheet & Other Gas Sensors. [daring] Tersedia pada: <<https://components101.com/sensors/mq-3-alcohol-gas-sensor>> [Diakses 28 Okt 2021].
- Ariyanti, M., 2017. Karakteristik Mutu Biji Kakao (*Theobroma Cacao L*) Dengan Perlakuan Waktu Fermentasi Berdasar SNI 2323-2008. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12(1), hal.34.
- Badan Pusat Statistik, 2020. *Statistik Kakao Indonesia 2019*. [daring] Badan Pusat Statistik Indonesia. Tersedia pada: <<https://www.bps.go.id/publication/2020/12/02/2ac5a729f43e5f6b666e482d/statistik-kakao-indonesia-2019.html>>.
- David, J. dan P, T., 2011. The Effect of Cocoa Beans Fermentation on Processed Chocolate In West Kalimantan. *Biopropal Industri*, 2(1), hal.20–26.
- Hanwei Electronics, 2015a. Technical Data MQ-135 Gas Sensor. 1, hal.3–5.
- Hanwei Electronics, 2015b. Technical Data MQ-3 Gas Sensor. [daring] hal.3–4. Tersedia pada: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/MQ-3.pdf>>.
- Hatmi, R.U. dan Rustijarno, S., 2012. *Teknologi Pengolahan Biji Kakao Menuju Sni Biji Kakao 01-2323-2008*.
- Haykin, S., 2008. *Neural Networks and Learning Machines*. Pearson Prentice Hall New Jersey USA 936 pLinks, .
- Lestari, M., 2019. Standar Mutu Biji Kakao. [daring] Tersedia pada: <<http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/69908/STANDAR-MUTU-BIJI-KAKAO/>> [Diakses 27 Agu 2021].
- Nugroho, J., Muryani, D., Rahayoe, S. dan Bintoro, N., 2008. Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Identifikasi Aroma Teh Menggunakan *Electronic Nose*.

(November 2008), hal.18–19.

Nurhadi, E., Hidayat, S.I., Indah, P.N., Widayanti, S. dan Harya, G.I., 2019. Keberlanjutan Komoditas Kakao Sebagai Produk Unggulan Agroindustri dalam Meningkatkan Kesejahteraan Petani. *Agriekonomika*, 8(1), hal.51.

Persaud, K., 2016. Electronic Noses and Tongues in the Food Industry. *Electronic Noses and Tongues in Food Science*, hal.1–12.