

Karakterisasi Pola Aroma Salak Pondoh dengan *E-Nose* Berbasis Sensor Metal Oksida

Danang Lelono¹, Muhammad Arifianto Chairiawan*²

¹Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA, UGM, Yogyakarta

²Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, JIKE, FMIPA, UGM, Yogyakarta

e-mail: ¹dananglelono@gmail.com, *²mac_2190@yahoo.com

Abstrak

Salak merupakan salah satu komoditi ekspor yang memiliki prospek di Indonesia. Untuk memenuhi standar mutu pasar luar negeri maka kualitas buah salak harus bermutu baik. Hasil panen yang baik sangat ditentukan oleh penanganan pasca panen buah salak. Salah satu teknik pasca panen adalah dengan menentukan umur petik salak. Namun sayangnya data pendukung untuk menentukan umur petik salak secara optimal belum banyak didapati. Salah satu cara untuk menyeleksi mutu buah salak sekaligus menentukan umur petik salak adalah dengan mengkarakterisasi aromanya.

Untuk itu dibutuhkan suatu instrumen analitik yang secara efektif dapat melakukan penciuman layaknya hidung manusia. Dimana alat penciuman tersebut diharapkan secara khusus dapat menganalisis buah salak mulai dari keadaan matang hingga menjadi busuk berdasarkan pola aroma sampel salak yang didapat. Electronic nose merupakan suatu sistem pengindra bau elektronik (odor sistem) yang dapat digunakan sebagai rujukan standarisasi secara ilmiah berdasarkan aroma suatu objek.

E-nose yang dibangun pada penelitian ini menggunakan 8 sensor gas TGS yang memiliki spesifikasi yang berbeda-beda berdasarkan gas yang dideteksinya. Data keluaran dari array sensor akan dikonversi menjadi sinyal digital pada mikrokontroler, kemudian hasilnya akan diolah pada computer. Penggunaan E-nose ini dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik salak pondoh dari pertama petik hingga keadaan membusuk berdasarkan analisa pola yang terbentuk dari kedelapan sensor yang digunakan pada saat mendeteksi aroma buah salak pondoh.

Kata kunci— Electronic Nose, array sensor, sensor gas TGS, mikrokontroler, odor

Abstract

Salak is one of the commodities that have export prospects in Indonesia. To meet the quality standards of the overseas market, the quality should be good quality fruits. Good harvest is determined by post-harvest handling of fruits. One technique is to determine the post-harvest is life quotes barking. But unfortunately the supporting data to determine the optimal age picking bark has not been found. One way to select quality fruits as well as determining the date of quotation barking is to characterize the aroma.

That requires an analytical instrument that can effectively do smell like a human nose. Where the olfactory apparatus is specifically expected to analyze salak ranging from mature state to be rotten by the pattern of bark samples obtained aromas. Electronic nose is an electronic odor sensing system (odor system) that can be used as reference standards are scientifically based aroma of an object.

E-nose is built on a study using eight TGS gas sensors with different specifications based on the detected gas. Data output from the array sensor is converted into a digital signal on the microcontroller, then the results will be processed on a computer. The use of E-nose can give an idea about the characteristics of the first quotation of salak to state decay, based on pattern analysis of the eight sensors are used when detect flavors of salak.

Keyword— Electronic nose, biomimetic sensor, array sensor, TGS gas sensor.

1. PENDAHULUAN

Salak pondoh merupakan salah satu komoditi ekspor yang memiliki prospek di Indonesia. Hingga kini salak sering diekspor ke dataran China dan negara Asia lain, khususnya negara-negara tetangga seperti Malaysia dan Singapura. Untuk pasar ekspor sendiri, persyaratan mutu lebih tinggi dengan mengikuti persyaratan yang ditetapkan pembeli luar negeri. Pasar luar negeri menetapkan persyaratan keutuhan buah, kesegaran, kehalusan permukaan kulit buah, bebas dari kerusakan fisik, mikrobiologis ataupun bau asing, derajat ketuaan yang tepat dan keadaan yang baik sampai tujuan. Salah satu cara untuk menyeleksi kesegaran buah salak adalah dengan mengkarakterisasi aromanya [1].

Pada dasarnya, salak identik dengan sifat baunya yang menusuk. Namun untuk mendeteksi ataupun mencium aroma salak tidak semudah yang dibayangkan. Hidung manusia tidak akan selalu konsisten dalam menjalankan ‘tugasnya’ karena tergantung pada perasaan dan kesehatan manusia itu sendiri. Hal tersebut sangat mempengaruhi manusia dalam mengidentifikasi suatu bau, aroma salak khususnya, diantara banyaknya bau gas yang bertebaran [2]. Sedangkan karakterisasi aroma dengan cara gas *chromatography* dipandang terlalu sulit dan membutuhkan waktu yang relatif lama untuk mendapatkan hasilnya, serta membutuhkan biaya yang cukup besar.

Oleh karena itu dibutuhkan suatu instrumen analitik yang secara efektif dapat melakukan penciuman layaknya hidung manusia. Dimana alat penciuman tersebut diharapkan secara khusus dapat menganalisis buah salak mulai dari keadaan matang hingga menjadi busuk berdasarkan pola aroma sampel salak yang didapat.

Biomimetic sensor adalah sensor yang cara kerjanya meniru sistem biologi pada makhluk hidup [3], contohnya pengaplikasian CMOS pada kamera yang meniru sistem biologi pada indera penglihatan manusia. Demikian pula pengaplikasian *array odor sensor* pada *Electronic nose* yang meniru sistem biologi pada indera pembau manusia.

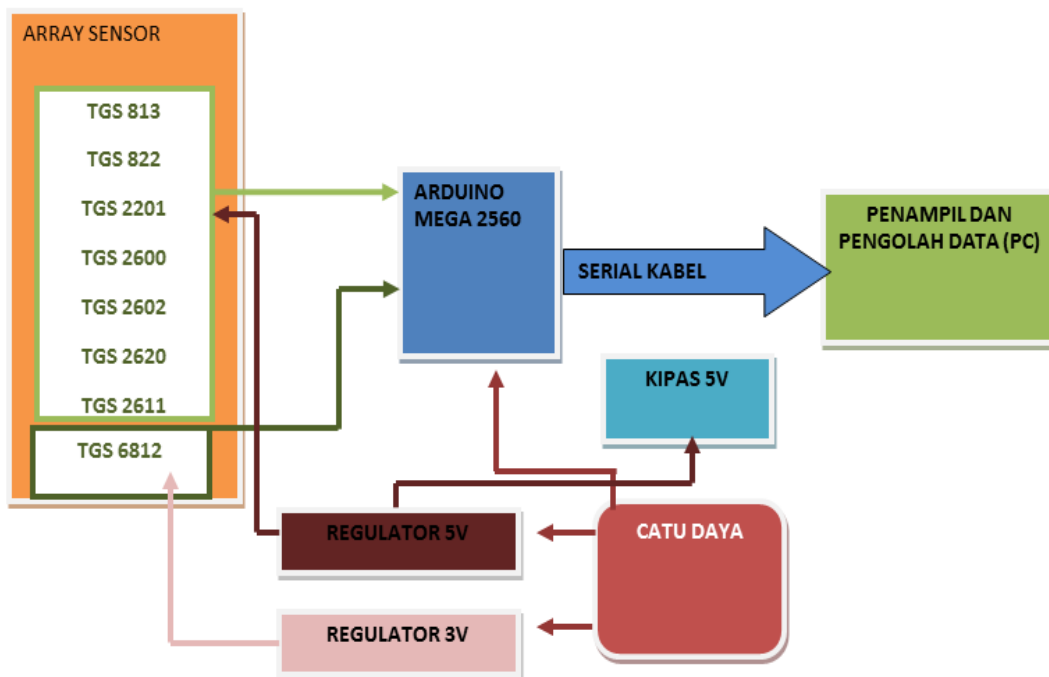
Electronic nose adalah sistem olfaktori elektronik yang bekerja dengan cara menangkap bau atau aroma yang diserap oleh *array odor sensor* layaknya hidung manusia [4]. Sampel berupa bau atau aroma yang ditangkap oleh sistem *electronic nose* akan diproses sehingga akan membentuk pola dari perubahan tegangan dari masing-masing sensor-sensor yang digunakan [5].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis dan Perancangan Sistem

Sebagai gambaran umum, sistem *E-nose* ini tersusun dari 8 sensor gas TGS dengan karakteristik berbeda-beda, yang terpasang pada pin-pin analog Arduino Mega 2560. Pemilihan kedelapan sensor tersebut dilakukan berdasarkan hasil penelusuran akan kesensitivitasan sensor dan rujukan dari berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diantaranya yang dilakukan [6][7]. Gambar 1 menunjukkan block diagram rancangan sistem secara keseluruhan.

Sumber tegangan berasal langsung dari adaptor yang kemudian masuk ke regulator tegangan 3V dan 5V. Tegangan 5V diperuntukkan sensor TGS 813, TGS 822, TGS 2201, TGS 2600, TGS 2602, TGS 2620, TGS 2611, dan kipas. Sedangkan tegangan 3V diperuntukkan sensor TGS 6812. Pin analog tiap sensor kemudian ditancapkan pada pin ADC di Arduino Mega 2560. Data hasil konversi pada arduino kemudian dikirim ke perangkat computer dengan menggunakan serial kabel. Data tersebut kemudian diolah sehingga menghasilkan pola dan grafik yang ditampilkan secara *realtime* menggunakan Visual Basic dari Microsoft Visual Studio 2010. Kemudian untuk kebutuhan penyimpanan data dan pembentukan pola radar, maka digunakan Microsoft Office Excel 2007.



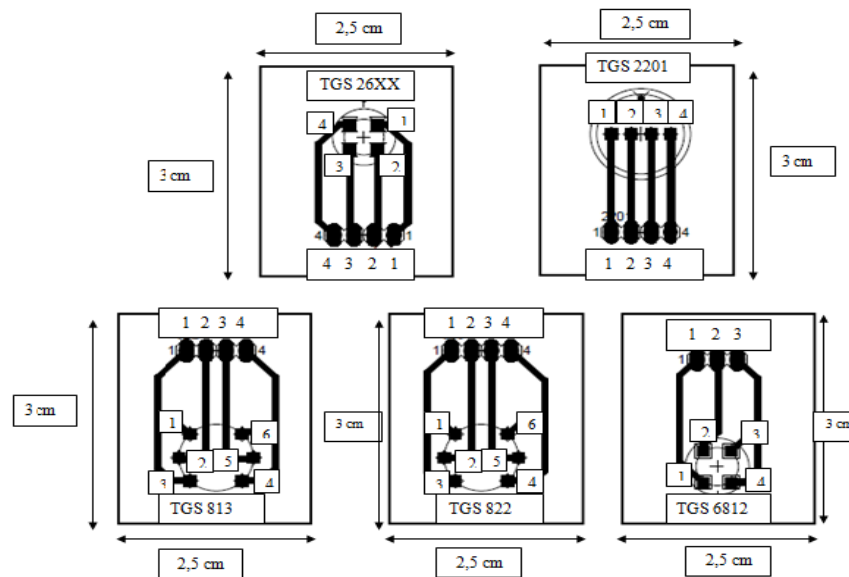
Gambar 1 Blok diagram sistem

Rancangan perangkat keras pada penelitian ini meliputi rancangan rangkaian *array* sensor, *shield* rangkaian utama, dan konfigurasi pin arduino. Rancangan *array* sensor pun melibatkan dua rangkaian yang dikhususkan untuk pemasangan *array* sensor. Rangkaian pertama adalah rangkaian tatakan sensor yang menghubungkan kaki-kaki tiap sensor ke pin masukan PCB. Jadi, rangkaian tersebut dirancang untuk setiap satu sensor TGS. Ini dimaksudkan agar sensor-sensor menjadi portabel, mudah dipasang ataupun dilepas sesuai dengan kebutuhan. Selain itu rangkaian ini dimaksudkan agar lebih menyederhanakan pemasangan kaki sensor ke PCB. Tabel 1 menunjukkan konfigurasi kaki sensor.

Tabel 1 Konfigurasi kaki sensor

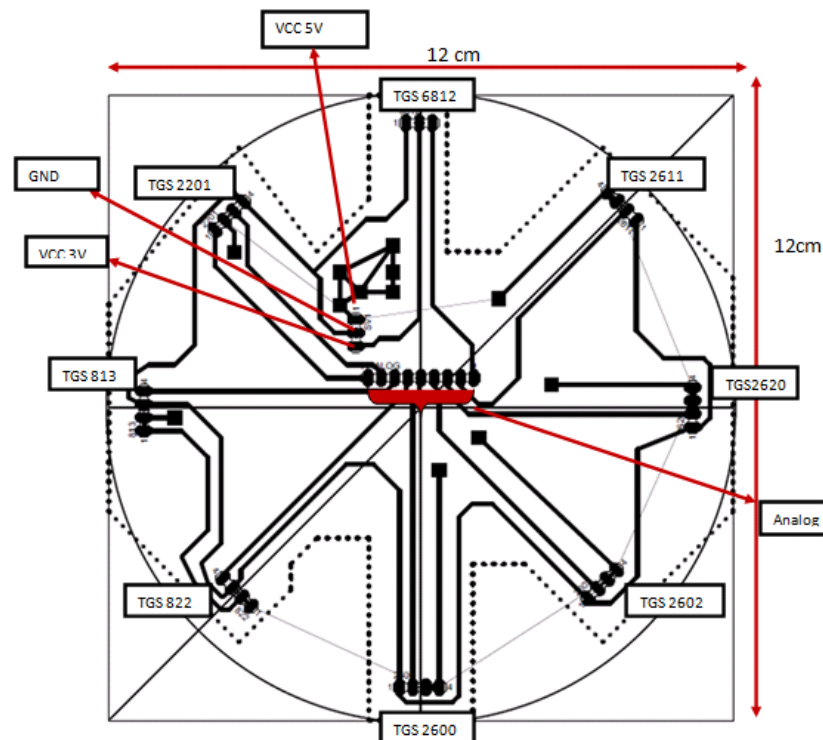
No kaki pin	Sensor			
	TGS 2201	TGS 26xx	TGS 6812	TGS 8xx
1	Ke R _L	GND	GND	Vcc
2	Vcc	Ke R _L	Vh	Vh
3	-	Vcc	Ke Pin ADC Arduino	GND
4	GND	Vh	-	Ke R _L

Kemudian dari data konfigurasi kaki pin yang ada, maka dibuatlah rangkaian pada PCB untuk setiap sensornya lalu dihubungkan ke pin *header* sebagai pengganti kaki sensor. Gambar 2 menunjukkan rangkaian tatakan tiap sensor pada PCB.



Gambar 2 Perancangan tatakan sensor

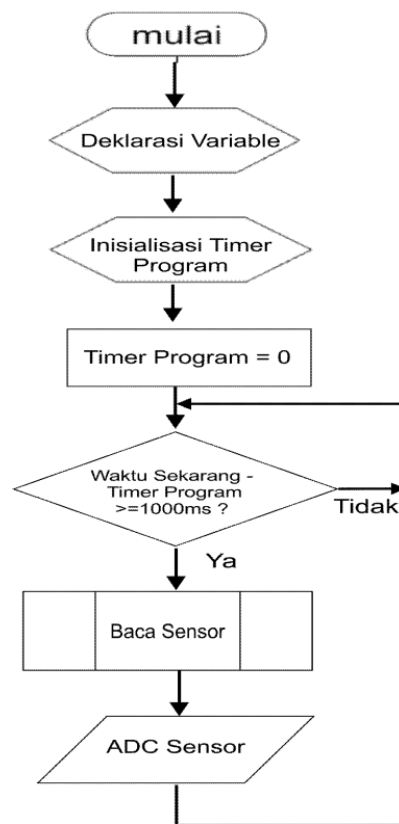
Sedangkan rangkaian kedua adalah rangkaian *array* sensor pada PCB lain yang sekaligus merupakan penampang *array* sensor. Pada rancangan ini semua sensor diletakkan di tepi dengan bentuk melingkar. Tujuan dari pembuatan dengan bentuk seperti ini, agar sensor dapat dipasang dengan diarahkan ke satu titik tengah sehingga dalam aplikasinya diharapkan dapat mendeteksi gas yang datang dari bagian tengah. Selain itu, juga dimaksudkan agar lebih menyederhanakan penggunaan kabel sebagai konektor ke pin-pin *shield* rangkaian utama. Kemudian, rangkaian ini dibuat juga disesuaikan dengan tatakan sensor yang telah dirancang sebelumnya, di mana tiap kaki sensor sudah diwakilkan dengan pin *header* per sensornya. Rangkaian penampang *array* sensor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Rancangan penampang *array* sensor

Rancangan perangkat keras berikutnya adalah *shield* rangkaian. Adapun rangkaian-rangkaian yang terintegrasi di dalamnya antara lain rangkaian regulator tegangan, rangkaian pin ke kipas 5V, dan rangkaian pin, baik itu dari *array* sensor, maupun ke Arduino yang di dalamnya tersusun pin analog, pin VCC, dan pin ground. Dapat dikatakan, *shield* rangkaian adalah rangkaian elektronik utama pada sistem ini. *Shield* rangkaian kemudian dihubungkan ke *board* Arduino Mega 2560 dengan menggunakan pin *header*. Pin yang terhubung yakni kaki-kaki V_{rl} yang terdapat pada masing-masing sensor.

Rancangan sistem berikutnya adalah rancangan perangkat lunak. Rancangan perangkat lunak pada sistem ini meliputi pemrograman Arduino IDE dan pemrograman Visual Basic. Arduino di sini merupakan *board* mikrokontroler pada sistem. Arduino yang digunakan pada sistem ini adalah Arduino Mega 2560. Fungsi utama Arduino pada sistem ini adalah mengkonversi sinyal analog menjadi digital (ADC). Gambar 4 menunjukkan diagram alir rencana pemrograman Arduino.

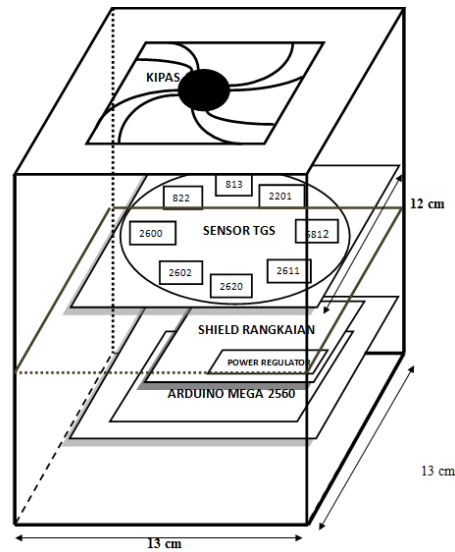


Gambar 4 Diagram alir pemrograman Arduino

Bentuk analog keluaran dari sensor berupa tegangan variasi dengan batasan 0 – 5 volt untuk seri TGS 8xx, TGS 26xx, serta TGS 2201 dan 0 – 3 volt untuk sensor TGS 6812, hal ini berdasarkan VC yang digunakan oleh sensor. *Board* Arduino akan mengubah keluaran tersebut menjadi bentuk digital dengan nilai variasi 0 – 1023. Nilai ini berdasarkan resolusi pada ADC Arduino yang sebesar 10 bit. Komunikasi yang digunakan adalah *port* serial dengan *baud rate* 9600.

Arduino perlu disinkronisasikan dengan Visual Basic sebelumnya. Kemudian Visual Basic akan membaca *serial port* tiap barisnya dengan *delay* tertentu. Pemrograman Visual Basic dilakukan guna mendesain HMI pada sistem.

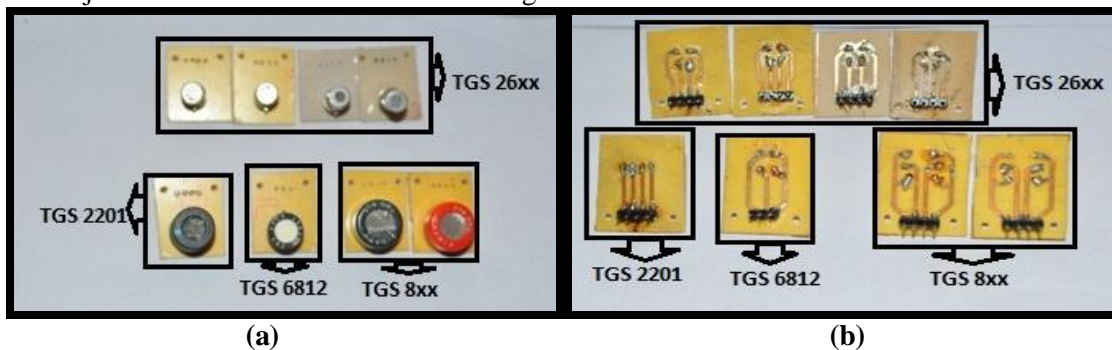
Rancangan sistem berikutnya adalah rancangan mekanik pembuatan *casing* peralatan. Gambar 5 menunjukkan rancangan mekanik *casing* peralatan.



Gambar 5 Rancangan mekanik *casing* peralatan

2.2 Implementasi Sistem

Sesuai dengan perancangan *hardware* yang dilakukan sebelumnya, pengimplemetasian array sensor meliputi dua rangkaian elektronik. Pengimplemetasian rangkaian pertama adalah pembuatan tatakan sensor yang menghubungkan kaki-kaki tiap sensor ke pin masukan PCB. Gambar 6 (a) menunjukkan bentuk fisik tatakan sensor bagian atas. Sedangkan Gambar 6 (b) menunjukkan bentuk fisik tatakan sensor bagian bawah.



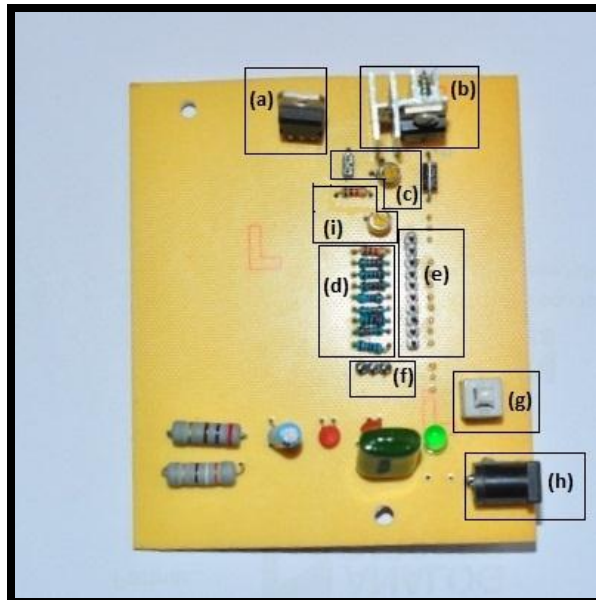
(a) (b)
Gambar 6 Tatakan sensor (a) Tampak atas; (b) Tampak bawah

Pengimplemetasian rangkaian berikutnya adalah penampang *array* sensor. Gambar 7 menunjukkan bentuk fisik penampang *array* sensor yang telah dibuat.



Gambar 7 Penampang *array* sensor

Selanjutnya, pengimplementasian *shield* rangkaian dibuat sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya yaitu pembuatan satu *shield* PCB rangkaian yang terdapat banyak rangkaian komponen elektronika yang memiliki fungsi khusus dan saling berhubungan, diantaranya rangkaian regulator tegangan, rangkaian pin ke kipas 5V, dan rangkaian pin, baik itu dari *array* sensor, maupun ke Arduino yang di dalamnya tersusun pin analog, pin VCC, dan pin ground. Pembuatan *shield* rangkaian menggunakan *software* Eagle 5.10. Bentuk fisik *shield* rangkaian ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Shield rangkaian (a) IC LM317; (b) IC 7805; (c) Rangkaian kipas 5V; (d) Deretan R_L ; (e) Pin analog; (f) Pin power; (g) Saklar; (h) Jack konektor *power supply*; (i) Potensio & R_L

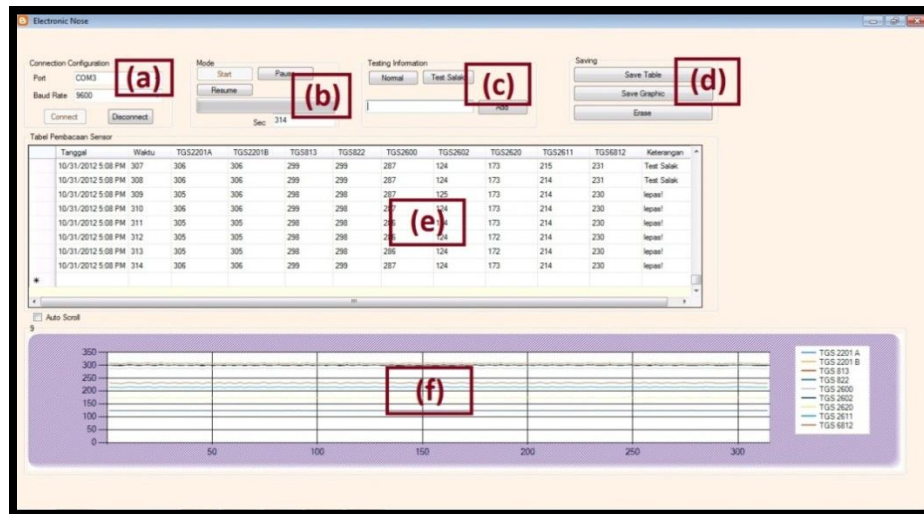
Bentuk fisik hardware secara keseluruhan yang telah dipasang pada *casing* ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar9 Hardware keseluruhan

Pada sistem *electronic nose* ini, perangkat lunak pada PC berfungsi sebagai program *Human Machine Interface* (HMI) untuk melakukan pemantauan data keluaran array sensor serta pola grafik yang dihasilkan. Program ini dibuat menggunakan Microsoft Visual Basic 2010. Pada tampilan antar muka ini menampilkan perubahan nilai ADC yang dihasilkan masing-masing sensor saat mendeteksi aroma dari salak pondoh. Data pembacaan kedelapan sensor tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Data pembacaan kedelapan sensor

yang berupa tabel dan grafik juga dapat disimpan untuk keperluan pengolahan data. *Human Machine Interface* (HMI) yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 (a) Konfigurasi koneksi; (b) Mode pemilihan; (c) Informasi pengujian; (d) Mode penyimpanan; (e) Data grid; dan (f) Grafik

Setelah ditampilkan pada HMI, nilai ADC *array* sensor kemudian disimpan dalam bentuk *file* Microsoft Excel. Kemudian dicari selisih kenaikan ADC tiap sensor selama 5 menit pemaparan aroma salak. Lalu nilai ADC diubah menjadi satuan Voltase dengan rumus :

$$V = \frac{\text{Nilai} \times \text{Tegangan Referensi (5V)}}{1023}$$

Dari kesembilan nilai tegangan keluaran tersebut kemudian dibentuklah grafik radar pada Microsoft Excel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, aroma yang diujikan adalah aroma dari dua buah salak pondoh dengan umur pemetikan yang sama, yang kemudian diamati mulai dari hari ke-1 pemetikan hingga hari ke-25. Pengambilan data tiap aroma uji dilakukan selama 5 menit, dan nilai respon tegangan tiap sensor ditampilkan pada HMI yang telah dibuat sebelumnya. Hasil data pengujian disimpan dan diolah menggunakan Microsoft Excel untuk selanjutnya dicari pola respon dari kedelapan sensor.

Proses pengukuran aroma salak pondoh dalam penelitian ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu sebelum dilakukan pengambilan data pada objek tertentu maka dilakukan terlebih dahulu pembersihan sensor atau dalam hal ini adalah pemanasan sensor [6]. Pemanasan sensor dilakukan pada udara bebas digunakan untuk menghilangkan bau atau aroma yang mungkin masih tertinggal pada sensor saat melakukan percobaan atau pengukuran sebelumnya sehingga dapat menghasilkan nilai awal yang stabil. Dari hasil pengujian pemanasan kedelapan sensor, kemudian diputuskanlah waktu pemanasan array sensor dilakukan selama 600 detik.

Setelah dilakukan pemanasan proses selanjutnya adalah proses pengambilan data terhadap dua aroma buah salak pondoh. Waktu yang digunakan dalam pengambilan data ini selama 300 detik. Respon sensor terhadap aroma salak pondoh selama 300 detik inilah yang menjadi data untuk mendapatkan hasil peningkatan voltase dari masing-masing sensor terhadap

dua aroma salak pondoh pada setiap harinya. Untuk menghitung besar peningkatan digunakan persamaan yang didapat dari penelitian sebelumnya seperti pada persamaan (1).

$$dV = V_{\text{Aroma}} - V_{\text{UdaraBebas}} \quad (1)$$

- dV = Perubahan voltase
 V_{Aroma} = Volta semaksimal saat pengamatan apel selama 300 detik
 $V_{\text{UdaraBebas}}$ = Voltase sebelum sensor dimasukkan ke wadah

Persamaan 1 digunakan untuk melakukan pembacaan data berdasarkan perubahan voltase (dV) dari keluaran sensor dengan mencari selisih nilai voltase masing-masing sensor saat dipaparkan aroma salak pondoh dengan nilai volta semasing-masing sensor saat berada pada udara bebas (belum dipaparkan aroma salak pondoh).

Gambar 11 menunjukkan proses pengambilan data terhadap aroma salak pondoh.



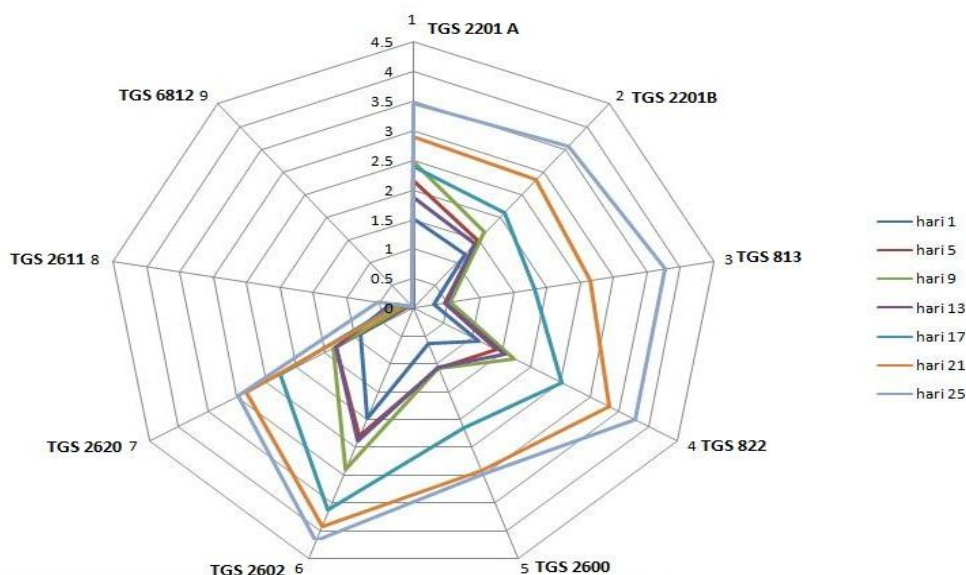
Gambar 11 Proses pengambilan data

Secara kuantitas, aroma salak pondoh semakin hari semakin memiliki aroma yang menyengat. Hal tersebut dikarenakan terdapat perkembangbiakan bakteri yang membuat busuk salak pondoh. Hal ini diikuti dengan naiknya tegangan keluaran yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan kenaikan tegangan keluaran tiap sensor

	TGS 2201A	TGS 2201B	TGS 813	TGS 822	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620	TGS 2611	TGS 6812
Hari ke-1	1.49	1.18	0.31	1.11	0.65	1.98	0.89	0.06	0
Hari ke-5	2.14	1.49	0.48	1.43	1.09	2.31	1.32	0.09	0
Hari ke-9	2.46	1.66	0.57	1.73	1.08	2.89	1.36	0.14	0
Hari ke-13	1.87	1.41	0.49	1.55	1.06	2.39	1.31	0.35	0
Hari ke-17	2.38	2.09	1.83	2.53	2.17	3.64	2.26	0.24	0.01
Hari ke-21	2.88	2.82	2.66	3.35	2.94	3.93	2.85	0.19	0.01
Hari ke-25	3.44	3.56	3.77	3.78	2.98	4.18	2.98	0.52	0.03

Dari Tabel 1 kemudian dicarilah pola radar yang terbentuk saat dilakukan pengambilan data terhadap aroma salak pondoh.



Gambar 12 Perbandingan pola *array* sensor terhadap aroma salak pondoh

Setiap pola yang terbentuk tiap harinya merupakan susunan dari kenaikan tegangan keluaran tiap sensor saat terpapar aroma salak pondoh. Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa pola respon *array* sensor terhadap aroma salak pondoh di hari ke-1, ke-5, ke-9, dan ke-13 cenderung sama. Namun yang membedakan antara pola hari ke-1, ke-5, ke-9, dan ke-13 adalah kenaikan tegangan keluaran sensor. Pola *array* sensor pada hari ke-1 lebih kecil dibandingkan dengan pola hari ke-5. Pola hari ke-5 lebih kecil dibandingkan dengan pola hari ke-9, dan pola hari ke-9 lebih kecil dibandingkan dengan pola hari ke-13.

Sedangkan pola pada hari ke-17 terlihat berbeda dikarenakan kenaikan tegangan TGS 813 dan TGS 2600 meningkat drastis dibandingkan pada hari ke-1, hari ke-5, hari ke-9, dan hari ke-13. Pada pola hari ke-21 dan hari ke-25 terlihat semakin besar dimana sensitivitas setiap sensor semakin tinggi saat terpapar aroma salak pondoh yang mulai membusuk.

Dari Gambar 12 juga dapat dilihat sensitivitas TGS 2611 dan TGS 6812 sangatlah kecil ketika terpapar aroma salak pondoh.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah penulis lakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat sebuah sistem *electronic nose* yang dirangkai dari 8 sensor gas (TGS 2201, TGS 813, TGS 822, TGS 2600, TGS 2602, TGS 2620, TGS 2611, dan TGS 6812) membentuk *array* sensor, board Arduino Mega 2560, dan perangkat PC.
2. E-nose ini dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik salak pondoh dari pertama petik hingga keadaan membusuk berdasarkan analisa pola yang terbentuk dari respon kedelapan sensor yang digunakan pada saat mendeteksi aroma buah salak pondoh. Berikut merupakan karakteristik tiap sensornya saat terpapar aroma salak pondoh dari pertama petik hingga membusuk pada hari ke-25:
 - Pada TGS 2201, TGS 822, TGS 2600, TGS 2602, dan TGS 2620 terjadi peningkatan kenaikan tegangan keluaran sensor yang linier mulai dari hari ke-1 hingga hari-25. Peningkatan tegangan keluaran kelima sensor tersebut cenderung kecil di minggu

- pertama dan minggu kedua. Ketika memasuki awal minggu ketiga, tepatnya di hari ke-17, terlihat perbedaan peningkatan tegangan keluaran yang cenderung lebih besar dari minggu-minggu sebelumnya. Kelima sensor tersebut memiliki sensitivitas yang cukup baik terhadap aroma salak pondoh.
- Berbeda dengan keenam sensor sebelumnya, peningkatan kenaikan tegangan keluaran TGS 813 cenderung kecil di minggu pertama, minggu kedua, dan minggu ketiga. Namun ketika memasuki awal minggu keempat, tepatnya di hari ke-21, terlihat perbedaan tegangan keluaran yang jauh lebih besar dari 3 minggu sebelumnya. Sama seperti kelima sensor sebelumnya, TGS 813 juga memiliki sensitivitas yang cukup baik terhadap aroma salak pondoh.
 - Pada TGS 2611 juga terjadi peningkatan tegangan keluaran sensor yang cukup linier mulai hari ke-1 hingga hari ke-25. Namun peningkatan tegangan keluaran sensor tiap minggunya sangatlah kecil, hingga di pertengahan minggu keempat, tepatnya di hari ke-25, baru terlihat kenaikan tegangan yang jauh lebih besar dari hari-hari sebelumnya. Dari data hasil eksperimen menunjukkan bahwa TGS 2611 kurang sensitif terhadap aroma salak pondoh.
 - Berbeda dengan ketujuh sensor lainnya, TGS 6812 sama sekali tidak memperlihatkan perubahan tegangan keluaran dari minggu pertama hingga minggu kedua. Namun di hari ke-17 baru terlihat perubahan tegangan keluaran TGS 6812 saat terpapar aroma salak pondoh, itupun sangat kecil sekali. Dari data hasil eksperimen menunjukkan bahwa TGS 6812 tidak sensitif terhadap aroma salak pondoh. Hal tersebut dikarenakan TGS 6812 lebih sensitif terhadap gas LP.
3. Pola aroma salak pondoh mulai menunjukkan perubahan bentuk pada minggu ke-3 (hari ke-17). Pada fase ini salak pondoh mulai mengalami pembusukan.
 4. Konsentrasi gas etanol yang terkandung dalam aroma buah salak pondoh meningkat seiring dengan bertambahnya umur salak pondoh. Hal ini dapat dilihat dari beberapa sensor (TGS 813, TGS 822, TGS 2600, TGS 2602, dan TGS 2620) yang memiliki kepekaan terhadap gas etanol mengalami peningkatan perubahan tegangan.
 5. Sensor yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap aroma salak pondoh adalah sensor TGS 2201, TGS 813, TGS 822, TGS 2600, TGS 2602, dan TGS 2620.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wijaya, C., Lestari, R., Ulrich, D., 2005, *Identification of Potent Odorants in Different Cultivars of Snake Fruit [Salaccazalacca (Gaert.) Voss] Using Gas Chromatography-Olfactometry*, FakultasTeknologiPertanian, Bogor.
- [2] Hardoyono, F., Hartati, S., 2012, *Aplikasi Principal Component Analysis (PCA) untuk Klasifikasi Sampel Bahan-bahan Herbal pada Data Sistem Olfaktori Elektronik Berbasis Larik Sensor Gas*, Fakultas MIPA UGM, Yogyakarta.
- [3] Toko, K., 2004, *Biomimetic Sensor Technology*, Cambridge University Press, United Kingdom.
- [4] Rivai, M., 2002, M RivaiPenemu Electronic Nose, www.ee.its.ac.id/diakses pada 27 Februari 2012.
- [5] Scott, S.M., 2006, Data Analysis for Electronic Nose Systems, *MicrochimActa* 156. 183-207

- [6] Mamat, M., Salina, A.S., and Muhammad, A.H., 2011, An Electronic Nose for Reliable Measurement and Correct Classification of Beverages, *www.mdpi.com/journal/sensors*, diakses pada 28 Agustus 2012.
- [7] Zhe, Z., Jin, T., Dong, 2008, *Electronic Nose with an Air Sensor Matrix for Detecting Beef FreshnessI*, Jilin University, China.