

## Karakterisasi Pola dan Konsentrasi Gas Polutan Berbasis *E-Nose*

Danang Lelono<sup>1</sup>, Kurnia Prastya\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA, UGM, Yogyakarta

<sup>2</sup>Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, JIKE, FMIPA, UGM, Yogyakarta

e-mail: <sup>1</sup>[dananglelono@gmail.com](mailto:dananglelono@gmail.com), \*<sup>2</sup>[prazt\\_wow@yahoo.com](mailto:prazt_wow@yahoo.com)

### Abstrak

Terdapat banyak kandungan gas yang membentuk bau tertentu pada udara bebas. Dengan indera penciuman yakni hidung, manusia dapat merasakan suatu bau sesuai dengan intensitas bau tersebut. Namun hidung manusia belum dapat mengidentifikasi secara pasti bau yang tercium. Selain itu, untuk mengenali suatu udara berbahaya atau tidak, hidung manusia pun perlu menghirupnya terlebih dahulu. Hal ini bisa sangat fatal akibatnya bagi tubuh manusia jika udara terkontaminasi gas berbahaya. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat bantu penciuman yang bekerja seperti hidung manusia dengan mengenali gas yang terdapat pada udara bebas. Alat tersebut dinamakan *Electronic nose*.

*Electronic nose* terdiri dari perangkat sensing dan perangkat pada ground segment dengan komunikasi nirkabel. Sistem ini terbentuk dari array sensor gas TGS yang berjumlah enam dengan spesifikasi selektif gas yang berbeda-beda. Pembacaan sensor kemudian dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan board Arduino Mega 2560 lalu dikirim dengan modul RF APC 220 ke perangkat PC. Pada perangkat PC terdapat HMI yang digunakan untuk memantau secara online pengambilan data. Hasil pengambilan data disimpan dalam bentuk tabel pada Microsoft Excel kemudian diolah menjadi sebuah pola dari array sensor.

Alat ini digunakan untuk mengenali gas NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, hidrogen, propana, dan isobutana yang terdapat pada udara bebas dengan cara membandingkan nilai konsentrasi antara sensor gas satu dengan lainnya yang dapat mendeteksi gas sama.. Pengujian dilakukan untuk mendeteksi gas yang terkandung pada berbagai kondisi udara seperti asap pembakaran sampah, asap rokok, kebocoran LPG, dan polusi lalu lintas. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah array sensor mengenali gas serta besar konsentrasinya.

**Kata kunci** — *Electronic Nose, array sensor, sensor gas TGS, Arduino Mega 2560, RF APC 220, HMI*

### Abstract

There are many gases that make up the content of a particular odor in the air. By nose, a man can perceive an odor according to its intensity. However, a human nose cannot identify the smell exactly. Additionally, to recognize a hazardous air or not, a human nose also needs to smell it first. This may cause a fatal consequences to the human body if the air is contaminated with harmful gases. Therefore, we need an olfactory tool that works like a human nose to recognize gas contained in the air. Its called *Electronic Nose*.

*Electronic Nose* is consist of a sensing and ground segment with wireless communication. The system is composed of eight gas sensors that makes an array. Each of them has a different selective specification of gases. The output of the sensor reading are then converted into a digital signal using an Arduino Mega 2560 board and sent to the APC RF module 220 to the PC. In the PC devices there is HMI which used to monitor data retrieval by online. The captured data is stored in tables in Microsoft Excel and then processed into a pattern of the array sensor.

This tool is used to recognize NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, hydrogen, propane, dan isobutane in the air by compare concentration result of a gas sensor with other gas sensor that can one kind of gas. The purpose of the test is to recognize various of gasses in certain condition like the

*smoke of burning garbage, cigarette smoke, LPG leakage, and traffic pollution. The results obtained in this study is an array sensor recognize kind of gasses and how much concentration of gasses at each test condition.*

**Keyword**— *Electronic Nose, array sensor, TGS gas sensor, Arduino Mega 2560, RF APC 220, HMI*

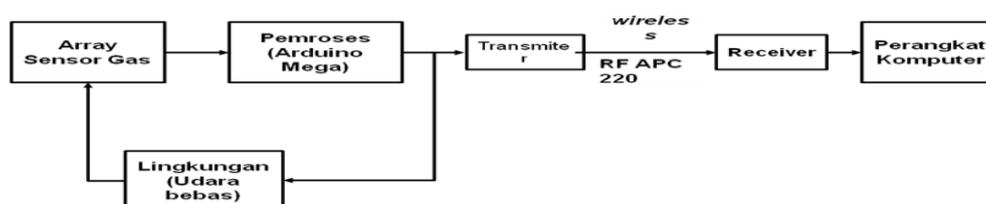
## 1. PENDAHULUAN

Udara sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup dimana makhluk hidup membutuhkan udara untuk bernafas serta melakukan aktifitas kehidupan lainnya. Udara merupakan campuran mekanis dari bermacam-macam gas. Komposisi udara normal terdiri atas gas nitrogen 78,1 %, oksigen 20,93 %, dan karbondioksida 0,03%, sementara selebihnya berupa gas argon, neon, kripton, xenon, dan helium [1].

Terdapat banyak kandungan gas yang ada dalam udara, dan tidak semua yang ada di udara boleh dihirup oleh tubuh. Jika udara yang dihirup tercemar dengan gas seperti CO, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>x</sub>, maka udara tersebut dapat meracuni tubuh. Kasus lain yang terjadi yakni adanya gas yang mudah terbakar. Ketika gas H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, keluarga hidrokarbon, dan gas mudah terbakar lain terdapat pada udara dengan komposisi lebih tinggi dibanding gas lainnya, maka ini akan memicu kebakaran bahkan ledakan jika terkena percikan api.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengenali adanya udara berbahaya yakni cara konvensional dengan membau/mencium aroma dari udara tersebut. Namun gas-gas polusi udara juga tidak semuanya mempunyai bau yang bisa dikenali hidung manusia. Di samping itu, hal ini bisa berakibat fatal bagi tubuh manusia apabila udara tersebut memiliki kandungan gas yang berbahaya. Metode lain adalah dengan mendeteksi setiap senyawa yang terdapat pada udara tersebut. Metode ini menggunakan banyak sensor gas yang akan mendeteksi gas-gas yang menyebabkan polusi udara. Untuk mendapatkan hasil yang baik harus digunakan banyak sekali sensor gas karena gas dalam polusi udara juga sangat banyak. Dengan kekurangan dari kedua metode di atas kemudian diciptakan sebuah metode yang bekerja layaknya hidung manusia dalam mengenali pola serta mengenali besarnya gas pada udara yang dideteksi dinamakan *elektonic nose* [2]. Hidung elektronik (*electronic nose*) dapat mengetahui kondisi ataupun tingkat kebersihan udara dari gas-gas berbahaya yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan, mudah terbakar, ataupun menimbulkan bahaya terhadap lingkungan. Alat ini harus mempunyai kemampuan untuk ‘mencium’ gas-gas berbahaya yang terkandung di udara dan pada akhirnya dapat melakukan identifikasi jenis gas berbahaya tersebut sehingga pada akhirnya dapat diketahui tingkat kebersihan dan keamanan udara pada daerah tersebut. Peralatan ini harus bersifat portabel sehingga mudah dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lainnya [3]. Dengan perangkat komunikasi *wireless* data yang diolah dapat dikirimkan secara jarak jauh. Dengan alat ini, manusia jadi lebih terbantu untuk mendeteksi adanya udara yang berbahaya tanpa harus merasakan atau menciumnya sendiri.

## 2. METODE PENELITIAN



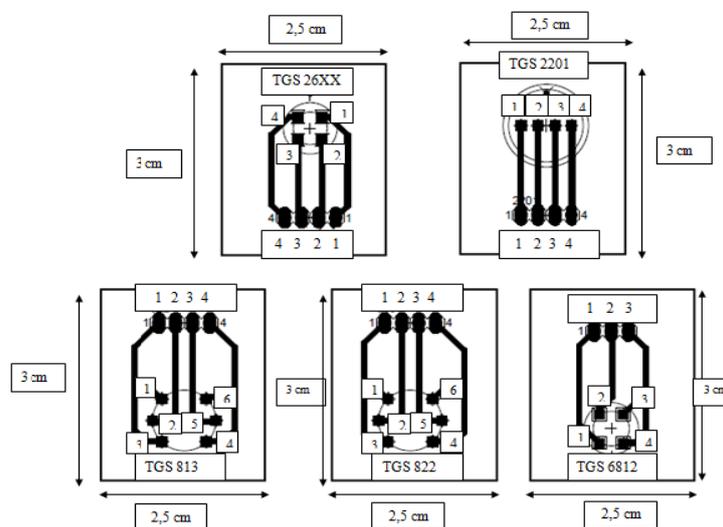
Gambar 1 Blok diagram sistem

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 portable, 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.



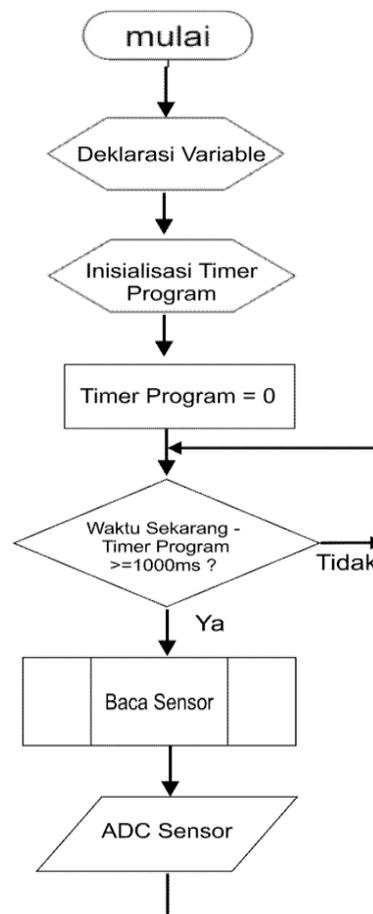
Gambar 2 Perancangan tatakan sensor

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 [4].

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.

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 V1 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 3 menunjukkan diagram alir rencana pemrograman Arduino.

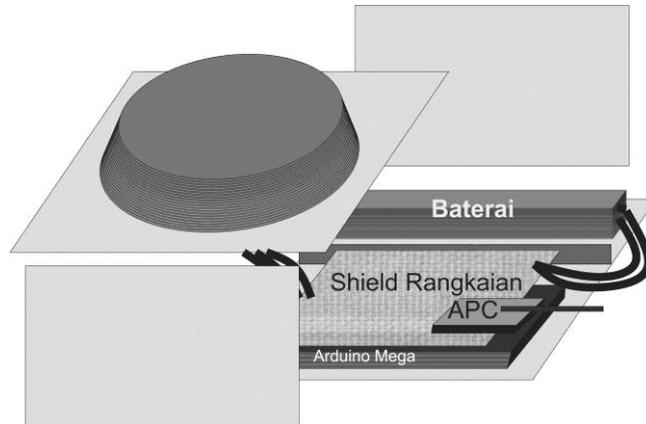


Gambar 3 Diagram alir pemrograman arduino

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  $V_C$  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 4 menunjukkan rancangan mekanik casing peralatan.



Gambar 4 Rancangan mekanik *casing* peralatan

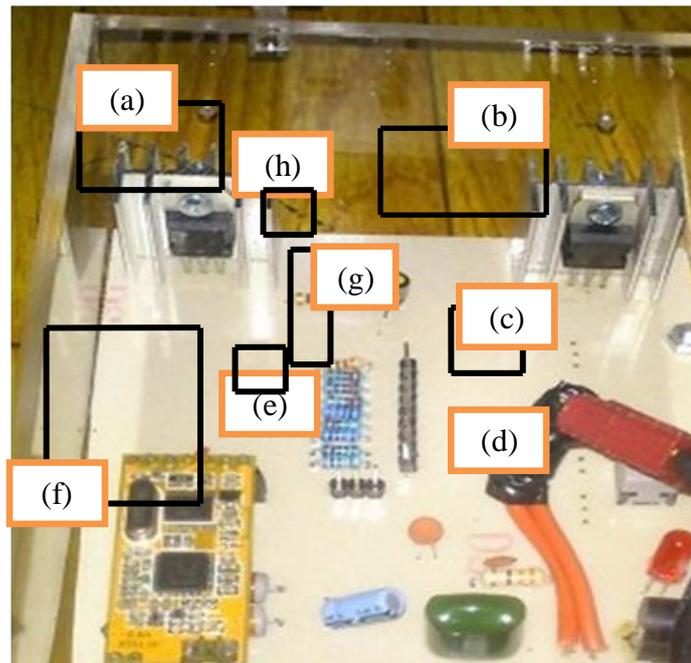
## 2.2 Implementasi Sistem

Sesuai dengan perancangan hardware yang dilakukan sebelumnya, pengimplementasian array sensor meliputi dua rangkaian elektronik. Pengimplementasian rangkaian pertama adalah pembuatan tatakan sensor yang menghubungkan kaki-kaki tiap sensor ke pin masukan PCB. Gambar 5 menunjukkan bentuk fisik tatakan sensor.



Gambar 5 Tatakan 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 6.



Gambar 6 Shield rangkaian (a) IC LM317 (b) IC 7805 (c) Saklar (d) Power supply (e) Pin power (f) Apc 220 (g) Pin analog (h) Potensio

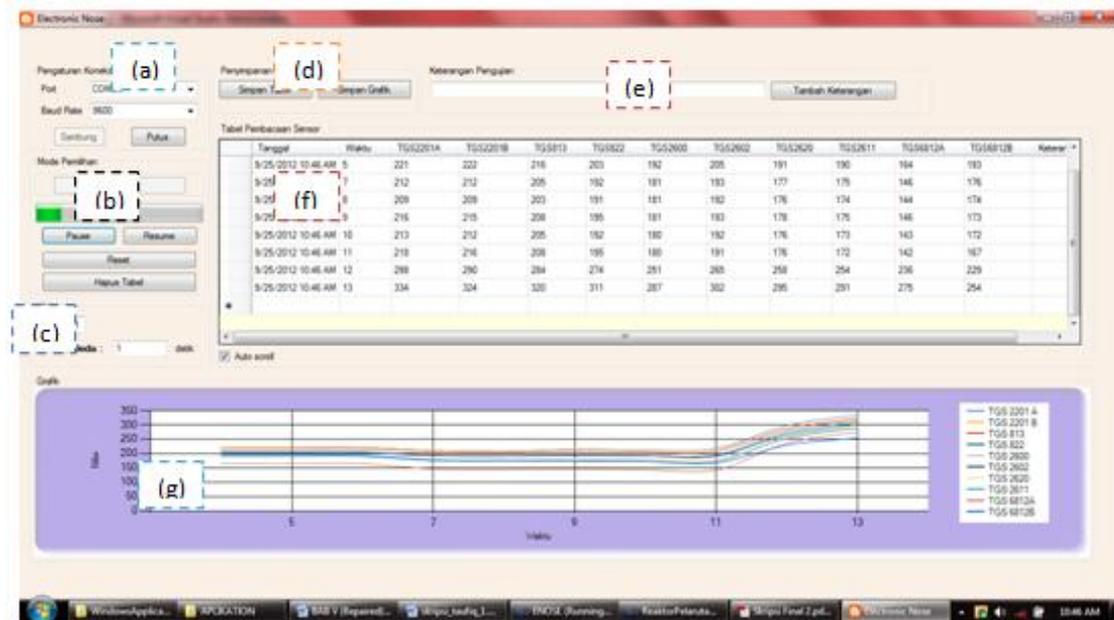
Bentuk fisik hardware secara keseluruhan yang telah dipasang pada casing ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 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 8.



Gambar 8 Tampilan HMI (a) Pengaturan koneksi (b) Mode pemilihan (c) Penunjuk waktu (d) Penyimpanan (e) Komentar pengujian (f) Data grid (g) Grafik

Setelah ditampilkan pada HMI, nilai ADC array sensor kemudian disimpan dalam bentuk file Microsoft Excel. Kemudian dicari selisih kenaikan ADC tiap sensor selama 2 menit pemaparan aroma salak. Lalu nilai ADC diubah menjadi satuan Voltase. Dari ketujuh nilai tegangan keluaran tersebut kemudian dibentuklah grafik radar pada Microsoft Excel. Sedangkan untuk mengetahui karakteristik konsentrasi dari gas-gas uji yang dipaparkan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem meliputi pengujian udara bersih, pengujian setiap sensor, dan pengujian modul komunikasi APC 220. Sedangkan hasil penelitian meliputi hasil sistem dalam mendeteksi karakteristik udara berbahaya yakni ruangan yang terkontaminasi asap rokok, polusi udara lalu lintas, udara pembakaran sampah, dan kebocoran LPG dengan kondisi tertentu.

Metode pengujian dilakukan dengan memperhatikan parameter-parameter pada pengujian sistem. Pemanasan sistem dilakukan selama 10 menit setelah daya diberikan. Waktu yang diperlukan untuk mendeteksi karakteristik dari gas yang dideteksi adalah 2 menit. Ini didasarkan dengan mengambil waktu terlama dari sensor dalam mendeteksi gas uji dalam pengujian sensor satu per satu. Setelah dilakukan pengujian-pengujian sebelumnya dengan menghasilkan nilai array sensor dengan grafiknya masing-masing, nilai pada setiap pengujian kemudian disederhanakan dengan cara mengambil nilai terbaiknya [5].

Metode yang digunakan untuk memperoleh nilai terbaik adalah dengan mengambil rata-rata dari detik ke-61 sampai detik ke-120 pada setiap pengujian. Pemilihan waktu ini adalah berdasarkan pengujian sistem yang menghasilkan waktu respon terbaik pada array sensor. Nilai terbaik setiap sensor kemudian dibuat pola segi tujuh sesuai dengan banyaknya elemen *sensing* yang digunakan. Ketujuh segi ini mempunyai satuan berupa besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sensor. Segi-segi ini kemudian dihubungkan dengan sebuah garis lurus antara segi satu

dengan segi yang lainnya. Nilai tegangan sensor kemudian diubah menjadi nilai Rs/Ro masing-masing sensor. Dari nilai Rs/Ro diubah menjadi bentuk konsentrasi setiap gas yang dapat dideteksi sensor tersebut. Setelah itu dilakukan perbandingan antara sensor utama suatu gas dengan sensor-sensor yang dapat juga mendeteksi gas tersebut.

Pada pengujian asap pembakaran sampah yang diuji berasal dari sampah organik maupun sampah anorganik. Sampah organik di sini berupa daun kering, bambu, dan kayu kering. Sampah anorganik berupa kertas, plastik, botol minuman, kain, dan *stereofoam*. Sampah-sampah tersebut kemudian dibakar secara bersamaan. Perangkat *sensing* kemudian diletakkan dengan jarak 2 meter dari tempat pembakaran dengan menghadap arah angin sehingga asap dapat terdeteksi.

Nilai terbaik pengujian diambil berdasarkan rata-rata nilai tegangan dari detik ke 60 hingga detik 120. Dari nilai tersebut diubah menjadi nilai Rs/Ro masing-masing. Kemudian dari nilai Rs/Ro dapat dihitung konsentrasi gas yang dideteksi setiap sensor. Hasil perhitungan ssetiap sensor terhadap konsentrasi gas yang dideteksi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Konsentrasi gas dideteksi sensor pengujian pembakaran sampah

		TGS 2201A	TGS 2201B	TGS 813	TGS 822	TGS 2602	TGS 2620	TGS 6812A
<b>Vout (V)</b>		2073	1285	563	1392	1035	1790	1608
<b>Rs/Ro</b>		0.81	0.47	3.51	5.07	0.34	7.68	5.02
<b>Gas (ppm)</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>0.04</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>8.18</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>H<sub>2</sub>S</b>	0.16	-	-	-	<b>1.54</b>	-	-
	<b>CO</b>	-	60	-	<b>65</b>	-	34	-
	<b>Isobutana</b>	-	21	-	38	-	17	<b>1124</b>
	<b>Propana</b>	-	-	<b>54</b>	-	-	-	1340
	<b>Hidrogen</b>	-	-	21	-	-	187	<b>11</b>

Pada Tabel 2 pengujian udara pembakaran sampah ini, gas yang paling dominan adalah CO yakni sebesar 65 ppm. Gas CO pada sensor pembanding menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda yakni pada TGS 2201B sebesar 60 ppm dengan persentase perbedaan adalah 7 % dan TGS 2620 sebesar 34 ppm dengan persentase 48 %. Gas H<sub>2</sub>S yang dideteksi TGS 2602 sebesar 1.54 ppm dengan sensor pembanding adalah TGS 2201A sebesar 0.16 ppm persentase perbedaan adalah 89%. Gas hidrogen yang dideteksi TGS 2620 sebesar 11 ppm dan TGS 2201B sebagai pembanding 21 ppm dengan persentase perbedaan 99 %. Gas lain yang dapat terdeteksi adalah SO<sub>2</sub> sebesar 8,18 ppm. Gas yang tidak dapat dicantumkan dikarenakan perbedaan dengan sensor pembandingnya terlalu besar adalah Isobutana dan Propana, sedangkan gas NO<sub>2</sub> yang dideteksi TGS 2201A bernilai dibawah batas ketentuan konsentrasi pada *datasheet*.

Pengujian yang kedua adalah pengujian asap rokok ini dilakukan di sebuah ruang berukuran 3x3x4 m yang terkontaminasi asap rokok. Nilai terbaik pengujian diambil berdasarkan rata-rata nilai tegangan dari detik ke 60 hingga detik 120. Dari nilai tersebut diubah menjadi nilai Rs/Ro masing-masing. Dari nilai Rs/Ro dihitung konsentrasi gas yang dideteksi setiap sensor. Hasil perhitungan ssetiap sensor terhadap konsentrasi gas yang dideteksi ditunjukkan pada Tabel 3.

Seperti pada Tabel 3, gas H<sub>2</sub>S yang dapat dideteksi TGS 2602 adalah 2,51 ppm dengan sensor pembanding TGS 2201A sebesar 0,81 ppm persentasi perbedaan 67 %. Gas-gas lain tidak memenuhi kriteria dalam penyajian data. Gas CO yang dideteksi TGS 822 sebesar 25 ppm, sangat berbeda jauh bila dibandingkan yang dideteksi oleh TGS 2201B yakni sebesar 149 ppm (persentase perbedaan 485 %) dan TGS 2620 sebesar 2 ppm (persentase perbedaan 90 %). Gas Propana, Isobutana, dan Hidrogen juga mempunyai kasus yang sama yakni perbedaan

pendeteksian sensor utama dengan sensor pembandingnya terlalu besar. Nilai konsentrasi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> yang dideteksi bernilai diluar batas ketentuan konsentrasi pada *datasheet*.

Tabel 3 Konsentrasi gas dideteksi sensor pengujian asap rokok

		TGS 2201A	TGS 2201B	TGS 813	TGS 822	TGS 2602	TGS 2620	TGS 6812
<b>Vout (V)</b>		2764	670	384	941	528	1520	1603
<b>Rs/Ro</b>		0.46	1.06	5.09	7.69	0.26	32.45	0
<b>Gas (ppm)</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>0.03</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>74.61</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>H<sub>2</sub>S</b>	0.81	-	-	-	<b>2.51</b>	-	-
	<b>CO</b>	-	149	-	<b>25</b>	-	2	-
	<b>Isobutana</b>	-	1	-	15	-	1	<b>0</b>
	<b>Propana</b>	-	-	<b>26</b>	-	-	-	0
	<b>Hidrogen</b>	-	-	10	-	242	<b>1</b>	-

Pengujian yang ketiga adalah pengujian gas LPG, dimana tempat pengujian adalah sebuah dapur yang mempunyai ukuran 3 x 6 x 4 m dan terdapat kebocoran selang gas LPG yang terbuka setengahnya. Nilai terbaik pengujian diambil berdasarkan rata-rata nilai tegangan dari detik ke 60 hingga detik 120. Dari nilai tersebut diubah menjadi nilai Rs/Ro masing-masing. Dari nilai Rs/Ro dihitung konsentrasi gas yang dideteksi setiap sensor. Hasil perhitungan ssetiap sensor terhadap konsentrasi gas yang dideteksi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Konsentrasi gas dideteksi sensor pengujian kebocoran LPG

		TGS 2201A	TGS 2201B	TGS 813	TGS 822	TGS 2602	TGS 2620	TGS 6812
<b>Mean</b>		1607	1663	2534	2078	2810	3583	1627
<b>Rs/Ro</b>		1.21	0.33	0.45	2.81	0.08	1.79	24.24
<b>Gas (ppm)</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>0.06</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>13.83</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>H<sub>2</sub>S</b>	0	-	-	-	<b>7.39</b>	-	-
	<b>CO</b>	-	145	-	<b>245</b>	-	487	-
	<b>Isobutana</b>	-	82	-	144	-	201	<b>5743</b>
	<b>Propana</b>	-	-	<b>3495</b>	-	-	-	6359
	<b>Hidrogen</b>	-	-	1716	-	390	<b>121</b>	-

Seperti ditunjukkan pada Tabel 4, gas propana yang dideteksi oleh TGS 813 adalah 3495 ppm. Jika dibandingkan dengan TGS 6812 yang menghasilkan nilai 6359 ppm, persentase perbedaannya adalah 81 %. Selain itu, TGS 6812 juga dapat mendeteksi isobutana yakni sebesar 5743 ppm. Jadi perbedaan yang besar pada TGS 6812 dapat disebabkan sensor ini dapat mendeteksi dua gas yang terdapat pada udara sampel sehingga kemungkinan nilai tegangan keluaran sensor menjadi lebih besar. Pada sistem ini, gas CO juga dapat terdeteksi yakni oleh TGS 822 sebesar 245 ppm serta TGS 2620 sebesar 487 ppm (persentase perbedaan 99%) dan TGS 2201B sebesar 145 ppm (persentase perbedaan 40%). SO<sub>2</sub> juga terdeteksi dengan baik yakni sekitar 13,83 ppm. Gas lainnya tidak dapat dicantumkan karena perbedaan pendeteksian sensor utama dengan sensor pembandingnya terlalu besar.

Pengujian yang keempat dilakukan dengan sasaran gas-gas berbahaya yang dihasilkan berbagai macam kendaraan bermotor. Tempat pengujian dilakukan di Jalan Urip Sumoharjo. Pemilihan tempat tersebut berdasarkan banyaknya kendaraan yang lalu lalang di lokasi tersebut.

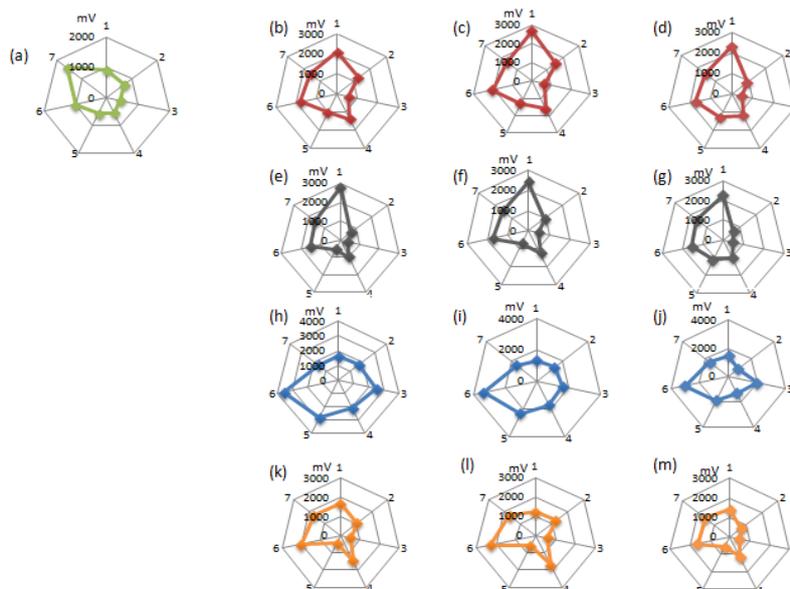
Nilai terbaik pengujian diambil berdasarkan rata-rata nilai tegangan dari detik ke 60 hingga detik 120. Dari nilai tersebut diubah menjadi nilai Rs/Ro masing-masing. Dari nilai Rs/Ro dihitung konsentrasi gas yang dideteksi setiap sensor. Hasil perhitungan ssetiap sensor terhadap konsentrasi gas yang dideteksi ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Konsentrasi gas dideteksi sensor pengujian asap rokok

		TGS 2201A	TGS 2201B	TGS 813	TGS 822	TGS 2602	TGS 2620	TGS 6812
<b>Mean</b>		1685	1046	506	1457	427	2015	1708
<b>Rs/Ro</b>		1.13	0.62	3.96	4.76	0.90	6.34	105.29
<b>Gas (ppm)</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>0.06</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>5.34</b>	-	-	-	-	-	-
	<b>H<sub>2</sub>S</b>	0	-	-	-	<b>0.06</b>	-	-
	<b>CO</b>	-	17	-	<b>75</b>	-	48	-
	<b>Isobutana</b>	-	7	-	44	-	23	<b>25220</b>
	<b>Propana</b>	-	-	<b>43</b>	-	-	-	<b>27522</b>
	<b>Hidrogen</b>	-	-	16	-	2	<b>15</b>	-

Pada Tabel 5, Gas CO dideteksi oleh TGS 822 sebesar 75 ppm sedangkan pada sensor 2201B sebesar 17 ppm (persentase perbedaan 79%) dan TGS 2620 sebesar 48 ppm (persentase perbedaan 36%). SO<sub>2</sub> yang terdeteksi TGS 2201A adalah sebesar 5,34 ppm. Gas Hidrogen juga dapat dideteksi dengan baik oleh TGS 2620 sebesar 15 ppm serta sensor lain yakni TGS 813 sebesar 16 ppm (persentase perbedaan 12 %) dan TGS 2602 sebesar 2 ppm (persentase perbedaan 84 %).

Sebagaimana konsep dari *electronic nose* yakni pengenalan jenis pola dari udara yang dideteksinya, nilai terbaik setiap sensor kemudian dibuat pola segi tujuh sesuai dengan banyaknya elemen *sensing* yang digunakan. Ketujuh segi ini mempunyai satuan berupa besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sensor. Segi-segi ini kemudian dihubungkan dengan sebuah garis lurus antara segi satu dengan segi yang lainnya [6]. Gambar 9 menunjukkan perbandingan pola *array sensor* dari udara bersih dengan pengujian berbagai keadaan udara.



Gambar 9 Perbandingan pola *array sensor* terhadap berbagai pengujian dimana 1 adalah TGS2201A, 2 TGS2201B, 3 TGS813, 4 TGS822, 5 TGS2602, 6 TGS2620, dan 7 TGS6812 pada (a) udara bersih, (b) (c) (d) asap pembakaran sampah, (e) (f) (g) asap rokok dalam ruangan, (h) (i) (j) kebocoran LPG, (k) (l) (m) polusi lalu lintas

Pengamatan dapat dilakukan dengan merujuk pada Gambar 9 dimana 1 adalah TGS2201A, 2 TGS2201B, 3 TGS813, 4 TGS822, 5 TGS2602, 6 TGS2620, dan 7 TGS6812. Pola terkecil adalah terdapat pada udara bersih. Ini berarti array sensor belum mendeteksi adanya gas-gas lainnya. Pengujian asap sampah mempunyai karakteristik bentuk seperti Gambar 9 (b), (c), (d). Dari ketiga pola yang dihasilkan terdapat keseragaman bentuk dimana nilai lebih condong keluar ke titik 1. Kecondongan lain juga terdapat pada titik 4 dan titik 6. Pada titik 3, nilai lebih condong kedalam. Jika dibandingkan dengan pola pada udara bersih, nilai yang berubah paling banyak merupakan TGS2201A dimana sensor tersebut peka terhadap hasil pembakaran bensin. Hal ini dikarenakan gas yang dihasilkan pembakaran sampah mendekati gas-gas yang dihasilkan hasil pembakaran mesin bensin yakni  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{S}$ . Sensor lain yang mengalami perubahan cukup besar yakni TGS 822 dan TGS 2620 yang merupakan untuk zat-zat pelarut organik.

Pola yang dihasilkan asap rokok dalam ruangan pada Gambar 9 (e), (f), (g) mempunyai bentuk pola yang hampir mirip dengan asap pembakaran sampah. Dimana nilai yang berubah besar berada pada titik yang sama dengan asap sampah yakni titik 1, 4, dan 6. Hanya saja terdapat perbedaan pada titik 2 dimana pada asap rokok mempunyai nilai yang condong ke dalam (bernilai kecil). Menurut dasar teori asap rokok menghasilkan gas-gas seperti  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}_2$ , dan CO dimana sensor yang peka terhadap gas tersebut adalah TGS 2201A, TGS 822, serta TGS 2602. Pada pengujian asap sampah dan asap rokok membentuk pola yang hampir sama. Hal ini dapat disimpulkan bahwa asap rokok mempunyai karakteristik yang sama dengan asap sampah jika dilihat dari pola yang menunjukkan keadaan gas yang terkandung didalamnya.

Pengujian yang dilakukan 3 kali untuk kebocoran LPG dalam sebuah dapur menghasilkan pola ditunjukkan pada Gambar 9 (h),(i),(j), dimana titik sudut yang berubah paling besar adalah titik 6 diikuti titik 5, 3, 4, dan titik 7. Jika dibandingkan dengan pola pada pengujian asap sampah dan asap rokok, pola ini cenderung kebalikan dari kedua pola tersebut.

Pola pengujian udara lalu lintas pada jalan raya ditunjukkan pada Gambar 9 (k),(l),(m), dimana titik sudut yang berubah paling besar adalah titik 4 dan titik 6. Titik sudut lainnya juga mengalami perubahan walaupun tidak begitu besar. Bentuk pola dari ketiga pengujian ini mempunyai kecenderungan yang sama namun dengan ukuran yang berbeda walaupun tidak terlalu besar. Hal ini dikarenakan tempat pengujian yang berbeda-beda yang berarti perbedaan jumlah kendaraan juga yang melintas.

Pola yang dihasilkan dari pengujian yang sama pada waktu yang berbeda dapat berbeda ukuran maupun bentuknya, ini dikarenakan faktor lingkungan juga mempengaruhi kinerja sensor. Selain dari besarnya konsentrasi yang dapat dideteksi, sensor gas juga sangat tergantung dari besarnya suhu dan kelembaban pada udara yang dideteksinya. Dimana semakin besar suhu dan kelembaban maka akan semakin besar juga nilai tegangan yang dibaca sensor yang berarti nilai  $R_s/R_o$  menjadi semakin kecil.

#### 4. KESIMPULAN

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

1. Telah berhasil dibuat sebuah sistem *electronic nose* yang dirangkai dari enam sensor gas (TGS 2201, TGS 813, TGS 822, 2602, TGS 2620, dan TGS 6812) membentuk pola dari array sensor, board Arduino Mega 2560; modul komunikasi RF APC 220, dan perangkat PC sebagai *ground segment*.
2. Array sensor dapat mendeteksi gas polutan dengan baik pada setiap pengujian. Hal ini ditunjukkan oleh kemampuan *array* sensor dalam mengenali jenis gas polutan yakni  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , CO, hidrogen, propana, dan/atau isobutana dengan nilai konsentrasi yang masih berkisar pada batasan deteksi masing-masing sensor.
3. Pada pengujian udara bersih dihasilkan bentuk pola terkecil yang menunjukkan udara bersih pengujian belum terkontaminasi gas polutan.

4. Bentuk pola pada pengujian asap rokok mempunyai bentuk yang cenderung sama dengan asap sampah. Hal ini menunjukkan karakteristik gas polutan yang terdapat pada kedua pengujian tersebut mempunyai kemiripan.
5. Pola yang dihasilkan pada pengujian kebocoran LPG mempunyai bentuk lebih condong ke arah titik 5, 6, dan 7 yakni sensor TGS2602, TGS2620, dan TGS6812 dimana sensor tersebut peka terhadap gas-gas hidrokarbon.
6. Pengujian polusi lalu lintas menghasilkan pola yang cenderung sama pada setiap lokasi pengujian. Hal ini menunjukkan karakteristik polutan pada setiap lokasi yang diujikan hampir sama.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chandra, B., 2007, *Pengantar Kesehatan Lingkungan*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- [2] Zhe, Z., Jin, T., Dong, 2008, *Electronic Nose with an Air Sensor Matrix for Detecting Beef Freshness I*, Jilin University, China.
- [3] Toko, K., 2004, *Biomimetic Sensor Technology*, Cambridge University Press, United Kingdom.
- [4] Rivai, M., 2002, M Rivai Penemu Electronic Nose, [www.ee.its.ac.id](http://www.ee.its.ac.id), diakses pada 27 Februari 2012.
- [5] Scott, S.M., 2006, Data Analysis for Electronic Nose Systems, *Microchim Acta* 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](http://www.mdpi.com/journal/sensors), diakses pada 28 Agustus 2012.