

Rancang Bangun Alat Pemantau Kualitas Udara Sekitar Berbasis Mikrokontroler AVR AT Mega 8 Dengan Penampil Dot Matrix

Emir Nasrullah¹, Yulianto Raharjo¹

1. Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl.Prof.Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung

Abstrak—Pencemaran udara saat ini telah sampai pada tahap yang mengkhawatirkan, seiring perkembangan industri dan produksi kendaraan bermotor yang sangat pesat. Sistem pemantauan kualitas udara yang dapat menampilkan kondisi udara dan suhu serta kelembaban diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengatasi dampak buruk masalah polusi udara. Penelitian ini bertujuan membuat sebuah perangkat sistem pemantau kualitas dan kondisi udara menggunakan sensor TGS 2600 dan sensor SHT11 untuk suhu dan kelembaban. Sebagai pengolah data dari sensor digunakan mikrokontroler AVR AT Mega 8 dan Basic Stamp 2e, sedangkan untuk penampil informasi menggunakan rangkaian *Dot Matrix*.

Hasil yang diperoleh berupa satu perangkat sistem pemantau yang mampu menampilkan informasi kualitas dan kondisi udara pada peraga *dot matrix*-nya. Informasi yang ditampilkan berupa *running text*: suhu dalam satuan ⁰C, kelembaban dalam satuan %RH, dan kualitas udara mengacu pada kadar satu jenis polutan gas yaitu kadar karbon monoksida.

Kata kunci : polusi udara, mikrokontroler, sensor, penampil, *running text*.

Abstract—Air pollution recently has attained an apprehension level, in line with the speed of vehicle production and industrial development. Air quality monitoring system that can display air condition, temperature and humidity is expected to be one solution in overcoming bad impact of air pollution problems. This research is aimed to produce an air quality and condition monitoring system device using gas sensor TGS-2600 and SHT11 for sensing temperature and humidity variables. Data from sensors are processed using AVR AT Mega 8 and Basic Stamp-2e microcontrollers, whereas information display using dot matrix circuit

Naskah ini diterima pada tanggal 28 September 2008, direvisi pada tanggal 3 Nopember 2008 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 1 Desember 2008

The final result is a monitoring system device which can display air quality and condition data on its dot matrix display. Information displayed in form of running text: temperature in ⁰C unit humidity in %RH unit, and air quality refer to concentration level of one type of gas pollutant i.e. carbón monoxide concentration.

Keywords : air pollution, microcontroller, sensor, display, *running text*.

A. Pendahuluan

Udara di sekitar manusia mengandung berbagai jenis gas dengan kadar konsentrasi yang berbeda-beda. Perubahan kadar konsentrasi gas-gas di udara ini pada umumnya menyebabkan perubahan kualitas udara yang dampaknya dapat mengganggu kesehatan tubuh manusia didalamnya jika perubahan kualitas tersebut cukup ekstrim. Kualitas udara di sekitar manusia pada umumnya tidak dapat diketahui secara cepat melalui panca inderanya, contoh perbedaan kadar oksigen dan gas-gas lain yang sulit di indera tubuh manusia kecuali jika perbedaan tersebut cukup menyolok. Berbagai jenis gas yang ada di udara dengan kadar konsentrasi masing-masing sebagai berikut:

Tabel-1: Komposisi Gas-Gas di Udara

No.	Jenis Gas	Kadar
1.	Nitrogen	78 %
2.	Oksigen	20 %
3.	Argon	0.93%
4.	Karbon dioksida	0.03%
5.	Ne, He, Methane, Hidrogen	1.04%

(Sumber: buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp?mnurutisi=8&vnomor=7, 2008)

Udara dikatakan “normal” dan dapat mendukung kehidupan manusia apabila komposisinya seperti tersebut pada Tabel-1. Bila terjadi penambahan gas-gas lain yang menimbulkan perubahan komposisi tersebut maka diistilahkan udara sudah tercemar.

Dari Tabel-1 terlihat bahwa konsentrasi gas-gas di udara dinyatakan secara kuantitatif (angka konsentrasi). Seiring dengan makin meningkatnya konsentrasi gas buang berbahaya, pendeteksian terhadap konsentrasi gas-gas berbahaya ini menjadi penting untuk melakukan tindakan pencegahan terhadap berlebuhnya kadar gas berbahaya di dalam atmosfer. Piranti untuk mendeteksi adanya gas berbahaya di udara serta tingkat konsentrasinya adalah sensor gas. Dengan adanya sensor gas, manusia dapat mengambil langkah yang lebih tepat dalam bertindak sesuai dengan kondisi alam sekitarnya. Melalui penggunaan sensor, data-data fisis yang bertebaran di alam dapat diubah menjadi besaran listrik yang terkuantifikasi yang selanjutnya dapat dibaca oleh manusia untuk kemudian digunakan sebagai bahan analisis dalam mengambil tindakan (Yuliarto, 2005). Dengan memanfaatkan kemampuan sensor gas yang dikombinasikan dengan mikrokontroler serta perangkat penampil karakter yang informasi tampilannya dapat diamati dari jarak cukup jauh akan menghasilkan sistem pemantauan kualitas udara *ambient* yang bermanfaat.

B. Teori Dasar

B.1. Pencemaran Udara.

Pencemaran udara adalah kondisi udara yang tercemar dengan adanya bahan, zat-zat asing atau komponen lain di udara yang menyebabkan berubahnya tatanan udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menjadi berkurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Yusad, 2003).

Pencemaran udara mempengaruhi sistem kehidupan makhluk hidup seperti gangguan kesehatan dan ekosistem yang berkaitan dengan aktivitas manusia.

Jenis-jenis pencemaran udara sebagai berikut:

1. Menurut bentuk : gas, partikel.
2. Menurut tempat : ruangan (*indoor*), udara bebas (*outdoor*)
3. Gangguan kesehatan : *iritansia, asfiksia, anestesia, toxic*
4. Menurut asal : primer, sekunder.

Pencemaran udara berbentuk gas dapat dibedakan menjadi :

- a) Golongan belerang terdiri dari Sulfur Dioksida (SO_2), Hidrogen Sulfida (H_2S), dan Sulfat Aerosol
- b) Golongan Nitrogen terdiri dari Nitrogen Oksida (N_2O), Nitrogen Monoksida (NO), Amoniak (NH_3), dan Nitrogen Dioksida (NO_2)
- c) Golongan Karbon terdiri dari Karbon Dioksida (CO_2), Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon
- d) Golongan gas yang berbahaya terdiri dari *Benzene, Vinyl Chlorida*, uap air raksa.

Pencemaran udara berbentuk partikel dibedakan menjadi :

- a) Mineral (anorganik) dapat berupa racun seperti air raksa dan timah.
- b) Bahan organik terdiri atas ikatan hidrokarbon, klorinasi alkan, Benzene
- c) Makhluk hidup terdiri dari bakteri, virus, telur cacing.

Pencemaran udara menurut tempat dan sumbernya dibedakan menjadi dua, yaitu :

- 1) Pencemaran udara ruangan (*indoor air pollution*), berupa pencemaran udara di dalam ruangan yang berasal dari pemukiman, perkantoran ataupun gedung tinggi.
- 2) Pencemaran udara bebas (*outdoor air pollution*), yang sumbernya berasal dari :

- a) Alamiah, antara lain berasal dari letusan gunung berapi, pembusukan
- b) Kegiatan manusia, misalnya berasal antara lain dari kegiatan industri, rumah tangga, asap kendaraan.

Pencemaran udara berdasarkan pengaruhnya terhadap gangguan kesehatan dibedakan menjadi empat jenis :

Iritansia. Biasanya polutan ini bersifat korosif. Merangsang proses peradangan hanya pada saluran pernafasan bagian atas, yaitu saluran pernafasan mulai dari hidung hingga tenggorokan. Contoh polutan ini adalah Sulfur Dioksida, Sulfur Trioksida, Amoniak, debu. Iritasi terjadi pada saluran pernafasan bagian atas dan juga dapat mengenai paru-paru.

Asfiksia. Disebabkan oleh berkurangnya kemampuan tubuh dalam menangkap oksigen atau mengakibatkan kadar O_2 menjadi berkurang. Keracunan gas Karbon monoksida mengakibatkan CO akan mengikat hemoglobin sehingga kemampuan hemoglobin mengikat O_2 berkurang.

Anestesia. Bersifat menekan susunan syaraf pusat sehingga kehilangan kesadaran. Tipe polutan ini adalah aeter, aetilene, propane, dan alkohol alifatik.

Toxic. Titik tangkap terjadinya seperti :

- a) Menimbulkan gangguan pada sistem pembuatan darah. Contoh toksis tipe ini adalah benzene, fenol, toluen, dan xylene.
- b) Keracunan terhadap susunan syaraf, misalnya karbon disulfid, metil alkohol.

Pencemaran udara dapat pula dikelompokkan kedalam :

Polutan primer. Polutan yang bentuk dan komposisinya sama dengan ketika dipancarkan, lazim disebut sebagai pencemar primer. Contohnya antara lain CO, CO_2 , hidrokarbon, SO, Nitrogen Oksida, Ozon.

Polutan sekunder. Berbagai bahan polutan kadangkala bereaksi satu sama lain menghasilkan jenis polutan baru, yang

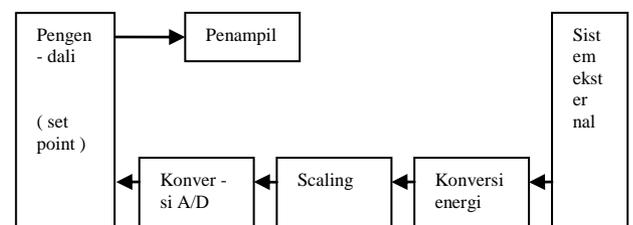
justru lebih membahayakan kehidupan. Reaksi ini dapat terjadi secara otomatis atau dengan bantuan katalisator seperti sinar matahari. Polutan hasil reaksi disebut sebagai polutan sekunder. Contohnya adalah Ozon, Formaldehida, Peroxy Acyl Nitrate (Kastiyowati, 2008).

Pengaruh-pengaruh langsung dari polusi udara terhadap kesehatan manusia tergantung pada intensitas dan lamanya pencemaran, juga status kesehatan penduduk yang tercemar (Yusad, 2003).

B.2. Sistem Akuisisi Data

Sistem pemantau kualitas dan kondisi udara ambient merupakan sistem akuisisi data (*data acquisition system*) yang mengambil data dari sistem eksternal (lingkungan udara *ambient*), memproses, mengolah, dan kemudian menampilkannya melalui perangkat penampil karakter. Sistem ini membutuhkan piranti-piranti sensor yang bertugas mengkonversi variabel-variabel fisik menjadi variabel tegangan listrik. Selain itu sistem ini umumnya juga membutuhkan pengkondisi sinyal, pengendali (*controller*), catu daya, dan piranti penampil karakter yang bertugas untuk menampilkan informasi kualitas dan kondisi udara *ambient* setelah diolah oleh pengendali.

Secara umum sistem akuisisi data dapat direpresentasikan melalui hubungan diagram blok Gambar 1 (Petruzella, 1996):



Gambar 1. Diagram blok sistem akuisisi data secara umum.

Dari Gambar 1:

Sistem eksternal merupakan sistem dimana variabel-variabel fisis seperti kadar konsentrasi gas, nilai suhu dan kelembaban di akuisisi. Dalam hal ini eksternal system adalah udara *ambient*.

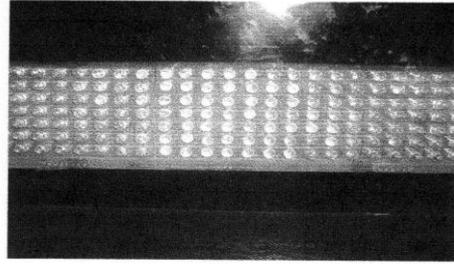
Konversi energi merupakan tempat terjadinya proses konversi energi, dalam hal ini misalnya dari kadar konsentrasi gas (energi kimiawi) menjadi energi listrik (tegangan listrik).

Scaling dibutuhkan bila tegangan output transduser (sensor gas) belum sesuai dengan spesifikasi tegangan input pengendali (Toncich, 2000).

Konversi A/D dibutuhkan karena divais Pengendali bekerja dengan input digital.

Sebagai Pengendali (*Controller*) berupa mikrokontroler karena jumlah pin input-output dan kapasitas memori mikrokontroler yang ada di pasaran – seperti modul Basic Stamp 2 dan AVR AT Mega 8- dinilai sudah memadai untuk mensupport kerja sistem akuisisi data ini. Lagipula mikrokontroler AT Mega 8 sudah dilengkapi dengan ADC internal sehingga IC ADC sudah tidak diperlukan lagi (Martin, 2005).

Penampil (*Display*) menggunakan penampil tipe *dot matrix*. Penampil *dot matrix* dibedakan kedalam beberapa jenis berdasarkan jumlah titik (*dot*) sesuai warna led yang digunakan dan ukuran. Contoh *dot matrix* berdasarkan titik yaitu: *dot matrix* 5x7, 8x8, 8x5, 16x16, 24x24, dan lain-lain. Sesuai warna led : *dot matrix* satu warna (misal warna merah atau hijau), *dot matrix* dua warna (*bi-colour*), tiga warna (*three colour*), maupun *dot matrix* yang *full colour*. Sedangkan yang berdasarkan ukuran, penampil *dot matrix* yang sering dijumpai adalah : *dot matrix* 1.2 inch, *dot matrix* 2.3 inch, *dot matrix* 4 inch, dan lain-lain. Gambar 2 menyajikan contoh penampil *dot matrix*.



Gambar 2. Penampil *Dot Matrix*

Penampil *dot matrix* mampu menampilkan karakter-karakter seperti karakter % (*percent*) yang tidak dapat ditampilkan oleh penampil lain seperti penampil *seven segment* (Mazidi et.al., 2000), dengan penampilan data digital bergerak (*running text*).

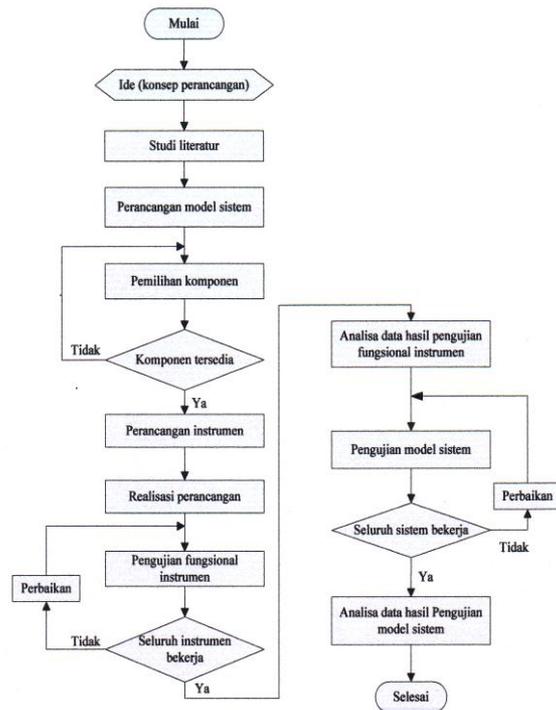
C. Metode Penelitian

Langkah-langkah Kerja Perancangan dan Realisasi Rangkaian.

Langkah-langkah kerja yang dilakukan dalam perancangan dan realisasi alat pemantau kualitas udara sekitar berbasis mikrokontroler Basic Stamp 2 dengan Penampil *Dot Matrix* adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur
2. Menentukan alat dan bahan yang akan digunakan dalam sistem
3. Perancangan diagram blok sistem akuisisi data
4. Perancangan perangkat keras
5. Perancangan perangkat lunak
6. Analisa dan kesimpulan.

Diagram alir perancangan dan realisasi rangkaian sesuai Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Diagram alir perancangan dan realisasi rangkaian

Pembuatan model akuisisi data.

Dalam perancangan ini dilakukan langkah-langkah kerja sebagai berikut :

- Menentukan spesifikasi rancangan model sistem akuisisi data polutan dan kondisi udara yang akan dibuat
- Merancang perangkat keras model akuisisi data kadar konsentrasi gas CO serta data suhu dan kelembaban udara yang dimulai dengan menentukan rangkaian dari masing-masing blok pada blok diagram perancangan, menentukan komponen dari tiap-tiap blok, merangkai dan uji coba rangkaian tiap blok.
- Menggabungkan blok-blok pada butir b tersebut di atas menjadi satu rangkaian sistem akuisisi.
- Implementasi sensor-sensor kedalam model sistem akuisisi data yang dibuat.

- Menguji tingkat kepekaan sensor gas serta sensor suhu dan kelembaban udara yang dibuat.
- Aplikasi model akuisisi data yang dibuat dengan menggunakan objek.

D. Hasil dan Pembahasan

1. Realisasi Perangkat Keras.

Sensor yang digunakan pada sistem pemantauan ini adalah sensor TGS2600 dan SHT11. Kedua sensor ini memiliki output yang berbeda. Jika output sensor TGS2600 masih berbentuk analog, output sensor SHT11 sudah digital yang telah terkalibrasi.

a. Sensor gas TGS2600.

Sensor gas TGS2600 membutuhkan sumber tegangan sebesar 5V DC untuk dapat bekerja. Dalam hal ini, sensor bekerja seperti potensiometer dimana tahanan dalam sensor akan berubah sesuai dengan level konsentrasi polutan di udara.

Tegangan output pada hambatan R_L (V_{out}) sensor ini digunakan sebagai input bagi mikrokontroler AVR AT Mega 8. Nilai resistansi R_L dipilih agar daya dari sensor (P_s) dibawah batas 15 mW. Pada rangkaian ini digunakan nilai $R_L = 4.7$ kOhm. Nilai P_s meningkat saat nilai resistansi sensor R_s sama dengan nilai R_L .

Antara output sensor dengan mikrokontroler tidak lagi membutuhkan rangkaian pengkondisi sinyal karena sudah ada adanya kesesuaian besar tegangan output sensor ini dengan karakteristik input mikrokontrolernya. Yang perlu dilakukan adalah mengubah bentuk tegangan output sensor yang masih berupa data analog menjadi data digital, dalam hal ini dibutuhkan rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*). Oleh karena mikrokontroler AVR AT Mega 8 sudah

memiliki fasilitas ADC internal pada port A nya, maka output sensor hanya perlu dihubungkan dengan port A mikrokontroler.

b. *Sensor suhu dan kelembaban SHT11.*

Oleh karena output sensor SHT11 ini sudah berupa data digital, maka output sensor dihubungkan langsung ke pin SCL (port C0) dan pin SDA (port C1) mikrokontroler Basic Stamp 2e dengan menambahkan resistor *pull-up* eksternal sebesar 10 kOhm.

c. *Penampil Dot Matrix.*

Penampil *dot matrix* yang digunakan berupa *dot matrix 7x128* satu warna. Pada penampil ini jumlah karakter yang ditampilkan berjumlah lebih dari 50 karakter deret. Penampil ini membutuhkan tegangan 5V DC agar dapat beroperasi. Untuk dapat mengontrol penampil ini dibutuhkan 10 pin untuk koneksi dengan rangkaian mikrokontroler dan 2 pin untuk sumber tegangannya.

2). *Realisasi Perangkat Lunak.*

Program TGS2600.

Program ini berfungsi untuk menjalankan inisialisasi sensor, menunggu peralihan dari mode sensitivitas tinggi ke mode normal. Setelah didalam mode normal maka selanjutnya menjalankan program rutin.

a. *Inisialisasi sensor (sensor warm-up).*

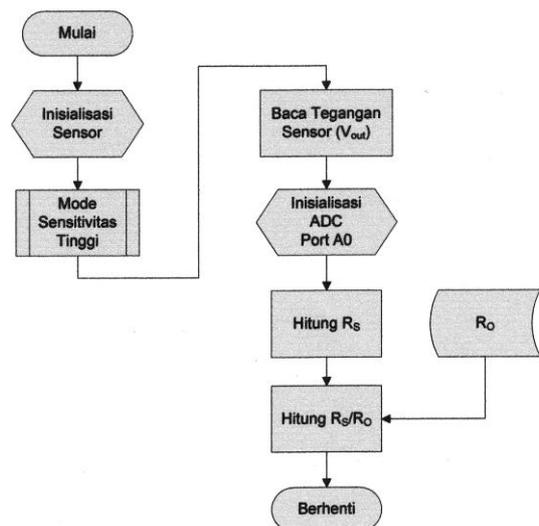
Sesaat setelah catu daya di-ON-kan, maka rangkaian akan berada dalam kondisi *warm-up* dengan waktu kurang lebih 3-5 menit. Kondisi *warm-up* ini dibutuhkan untuk menstabilkan tegangan *heater* pada sensor gas TGS2600 dan menstabilkan kondisi sensor.

b. *Mode sensitivitas tinggi.*

Rangkaian sensor gas bekerja dengan sensitivitas lebih tinggi dari keadaan normalnya selama kurang lebih 3 menit setelah periode *warm-up*. Dalam kondisi ini tanggapan sensor lebih peka terhadap polusi yang terjadi.

c. *Operasi normal.*

Dalam kondisi ini sistem bekerja normal. Jika terdeteksi adanya polusi maka sensor akan mengeluarkan sinyal yang diterjemahkan lebih lanjut oleh mikrokontroler sebagai pengolah data. Mikrokontroler akan memutuskan apakah saat itu kondisi “udara normal” (udara bersih) atau sudah terpolusi (“udara berbahaya”). Gambar 4 memperlihatkan diagram alir program TGS2600.



Gambar 4. Diagram alir Program TGS2600

3). *Pengujian Sistem Keseluruhan.*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan objek berupa udara ruangan tanpa kontaminasi polutan dan perubahan kadar konsentrasi gas polutan CO dari asap rokok. Nilai yang diambil dari masing-masing pengukuran dibandingkan dengan nilai penunjukan kalibrator yang ada guna

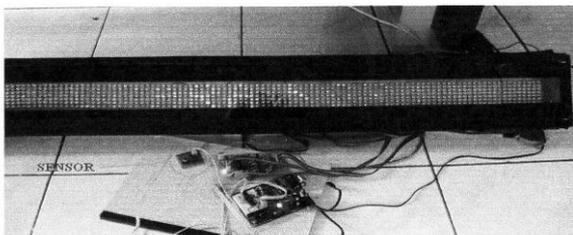
mengetahui tingkat akurasi sistem monitoring udaranya. Kalibrator yang diguna kan sebagai pembanding adalah Anemometer Lutron-LM 8000.



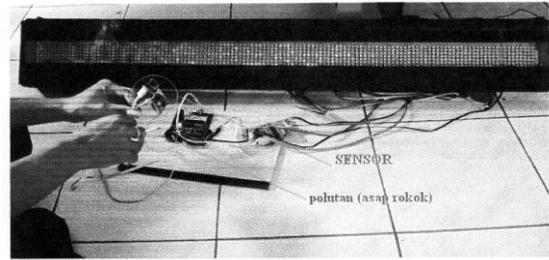
Gambar 5. Bentuk fisik Anemo - meter Lutron-LM 8000

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pemantauan udara bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Sistem dapat menampilkan informasi kualitas udara, suhu, dan kelembaban secara benar. Pada pengujian tanpa polutan dalam ruangan ber-AC, penampil karakter menunjukkan kondisi “udara normal”, suhu 27.79°C , dan kelembaban $71.10\% \text{RH}$. Sedangkan pada pengujian dengan polutan asap rokok, hasil yang ditampilkan adalah kualitas “udara berbahaya”.

Gambar 6 memperlihatkan kondisi udara tanpa polutan dimana penampil *dot matrix* menayangkan informasi “udara normal”. Jika yang terjadi hal sebaliknya maka penampil akan menayangkan informasi “udara berbahaya” seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Hal ini menyatakan bahwa asap rokok mengandung kadar CO yang cukup tinggi dan berbahaya bagi kesehatan manusia.

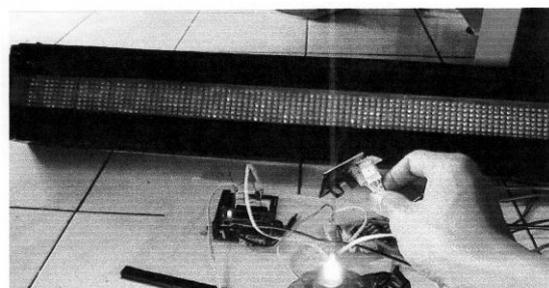


Gambar 6. Tampilan kondisi udara tanpa polutan

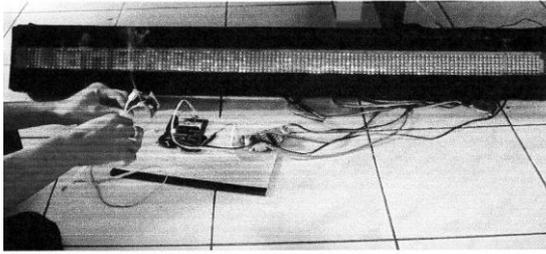


Gambar7. Tampilan kondisi udara dengan polutan asap rokok.

Pada pengujian tanpa polutan, penampil karakter menayangkan nilai suhu 27.79°C sesuai Gambar 8. Sedangkan Gambar 9 memperlihatkan nilai kelembaban sebesar $63.38\% \text{RH}$ dalam ruangan berpolutan asap rokok pada situasi nyala rokok didekatkan ke sensor SHT11 (nilai pengukuran kelembaban tanpa polutan sebesar $71.10\% \text{RH}$). Perbedaan nilai kelembaban ini disebabkan adanya selisih suhu yang ekstrim yang di indera oleh sensor. Nilai suhu ekstrim dapat mempengaruhi kinerja sensor sesuai datasheet sensor dimana perubahan resistansi sensor dipengaruhi oleh perubahan nilai suhu dan kelembaban seperti diperlihatkan oleh grafik karakteristik suhu dan kelembaban versus rasio resistansi sensor SHT11 pada Gambar 10.

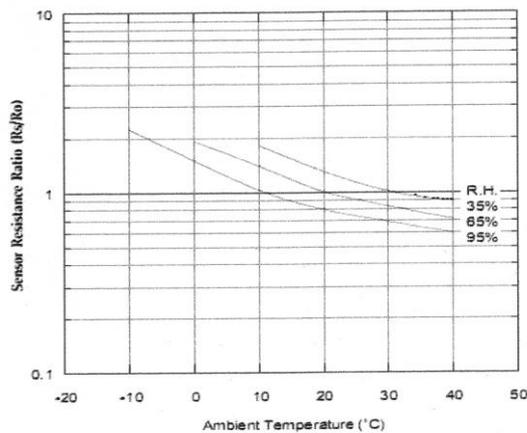


Gambar 8. Tampilan nilai suhu tanpa polutan



Gambar 9. Tampilan kelembaban udara menggunakan polutan asap rokok.

Temperature/Humidity Dependency:



Gambar 10. Grafik karakteristik suhu - kelembaban versus rasio resistansi sensor SHT11

E. Simpulan.

- Secara umum tujuan penelitian ini tercapai berupa dihasilkannya alat pemantau kualitas dan kondisi udara yang data dan informasinya dapat diamati pada penampil karakter tipe *dot matrix*.
- Dalam penelitian ini mikrokontroler Basic Stamp 2e digunakan sebagai pengolah data suhu dan kelembaban dari sensor SHT11, sedangkan data kadar gas polutan dari sensor gas TGS2600 diolah menggunakan mikrokontroler tipe AVR AT Mega 8 karena mikrokontroler Basic Stamp 2e tidak memiliki ADC internal untuk mengubah output sinyal analog

sensor TGS 2600 menjadi sinyal data digital.

- Pengaruh suhu tinggi menyebabkan kinerja sensor TGS2600 berkurang akurasi. Dengan mendekatkan sensor ini pada nyala api, penampil *dot matrix* menunjukkan udara berbahaya walaupun tidak ada gas polutan.

Daftar Pustaka

- [1] Figaro. 2007. *Product Information : TGS 2600 – for the detection Air Contaminants*. Figaro USA Inc. USA.
<http://www.figarosensor.com/products/2600.pdf>
- [2] Kastiyowati, Indah. 2008. *Dampak dan Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara*. Balitbang Dephan. Jakarta.
- [3] Martin, Jeff., et.al. 2005. *Basic Stamp Syntax and Reference Manual*. Parallax, Inc. USA.
- [4] Mazidi, M.A. and Janice G. M. 2000. *The 8051 Microcontroller and Embedded Systems*. Prentice-Hall. New Jersey.
- [5] <http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp?mnurutisi=8&vnomor=7>. Di akses pada tanggal 3 Desember 2008. Pukul 11 Wib.
- [6] <http://www.figarosensor.com/products/2600pdf.pdf>. Diakses 5 Desember 2008 Pkl 17 Wib.
- [7] Petruzella, Frank D. 1996. *Industrial Electronics*. Glencoe / McGraw - Hill. USA.

- [8] Pitowarno, Endra. 2005. *Mikroprosesor dan Interfacing*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- [9] SENSIRION. 2005. *SHT1x / SHT7x Humidity&Temperature Sensor V2.04*. Sensirion AG. Swiss.
- [10] Toncich, D. J. 2000. *Computer Architecture and Interfacing to Mechatronic Systems*. Chrystobel Engineering, Inc. Australia.
- [11] Yulianto, Brian. 2005. *Sensor : Memahami Lingkungan sambil Meraih Keuntungan*. Kompas Cyber Media. Jakarta.
<http://www.kompas.com/kompas-cetak/0502/03/ilpeng/1537525.htm>
- [12] Yusad, Yusniwati. 2003. *Polusi Udara di kota-kota besar di dunia*. Fakultas Kesehatan Masyarakat USU. Medan.
<http://library.usu.ac.id/download/fkm/fkm-yusniwati.pdf>