

## **PROTOTYPE PENGENDALI KUALITAS UDARA *INDOOR* BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328P**

### **PROTOTYPE INDOOR AIR QUALITY CONTROLLER BASED ON MICROCONTROLLER ATMEGA 328P**

Oleh : Raden Apriliansyah Dwi Saputra, Teknik Elektronika Fakultas Teknik UNY  
Email : [apriliansyah62@gmail.com](mailto:apriliansyah62@gmail.com)

#### **Abstrak**

Pembuatan proyek akhir ini bertujuan untuk merealisasikan rancangan rangkaian perangkat keras dan perangkat lunak serta mengetahui unjuk kerja dari suatu Prototipe Pengendali Kualitas Udara *Indoor* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328p. Alat ini berfungsi untuk mengukur dan mengendalikan tingkat kualitas udara dalam ruangan. Metode yang digunakan dalam membuat Prototipe Pengendali Kualitas Udara *Indoor* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328p menggunakan metode rancang bangun yang terdiri dari beberapa tahap, yaitu (1) Identifikasi kebutuhan, (2) Analisis kebutuhan, (3) Perancangan sistem, (4) Perancangan perangkat lunak, (5) Pembuatan alat dan (6) Pengujian alat. Alat pengendali kualitas udara *indoor* bekerja dengan dikontrol oleh sebuah IC mikrokontroler ATmega 328p dengan sistem pengendali yang dibuat menggunakan bahasa C. *Hardware* pada prototipe pengendali kualitas *indoor* terdiri dari rangkaian *input* dan *output* yaitu, sensor MQ 7 untuk mendeteksi gas CO, sensor MQ 135 untuk mendeteksi gas CO<sub>2</sub> dan sensor SHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara. Tampilan *display* menggunakan LCD 20x4 dan LED, serta menggunakan *relay* untuk mengontrol *exhaust fan*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa unjuk kerja Prototipe Pengendali Kualitas Udara *Indoor* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328p secara keseluruhan telah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, yaitu saat sensor mendeteksi kualitas udara maka hasilnya diolah mikrokontroler ATmega 328p agar dapat ditampilkan ke LCD dan LED. Jika hasil deteksi sensor melebihi batas normal, maka mikrokontroler akan mengontrol relay untuk menghidupkan *exhaust fan* untuk mengurangi zat polutan. Setelah dilakukan perbandingan dengan alat ukur asli, persentase *error* sensor MQ 7 2.08%, sensor MQ 135 sebesar 3.41%, sensor SHT11 sebesar 2.25% saat mengukur suhu dan 2.14% saat mengukur kelembaban udara.

**Kata kunci** : *Sensor MQ 7, Sensor MQ 135, SHT11, ATmega 328p*

#### **Abstract**

This final project intends to realize the layout of hardware schematic and software, along to know the work performance of Prototype Indoor Air Quality Controller Based On Microcontroller ATmega 328p. This prototype function is to measure and control the air quality in the room. Method that use to make this Prototype Indoor Air Quality Controller Based On Microcontroller ATmega 328p are consist of several steps, such as (1) Identification of needs, (2) Analyst of needs, (3) System planning, (4) Software planning, (5) Creating device, (6) Testing device. This prototype device of indoor air quality controller, controlled with an IC Microcontroller ATmega 328p by using C language programmer. While the Hardware in this device consist of input and output section, such as MQ 7 sensor for CO gas detection, MQ 135 sensor for CO<sub>2</sub> gas detection, and SHT11 for temperature and humidity detection sensor. With LCD 20x4 and LED using as display in this device, along with relay to control the exhaust fan. Based on test result that attempted in order to know the overall work performance as expected of Prototype Indoor Air Quality Controller Based On Microcontroller ATmega 328p, such as when sensor used to detect air quality and the result processed in Microcontroller ATmega 328p and the final result displayed to LCD and LED. If the detection result of sensor exceeds the normal limit of the gas in the room, then microcontroller will trigger relay to turn on the exhaust fan, in order to reduce the pollutant gas. After comparing the result of this device with the original measuring instrument, the error percentage MQ 7 sensor is 2.08%, MQ 135 sensor is 3.41%, and SHT11 sensor is 2.25% when used to measure temperature and 2.14% when used to measure humidity.

**Keywords**: *MQ 7 Sensor, MQ 135 Sensor, SHT11, ATmega 328p*

## PENDAHULUAN

Perwujudan kualitas udara yang sehat merupakan kebutuhan pokok di bidang kesehatan. Udara merupakan salah satu sumber kehidupan yang perlu dijaga dan ditingkatkan kualitasnya sehingga memberikan daya dukung bagi makhluk hidup secara optimal. Pencemaran udara saat ini semakin menampakkan kondisi yang memprihatinkan. Penurunan kualitas udara dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia (Depkes, 2004). Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan dapat terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung. Gangguan kesehatan yang terjadi secara langsung dapat berupa iritasi mata, iritasi hidung, sakit tenggorokan, sakit kepala, mual, asma, dan penyakit-penyakit lainnya. Sedangkan gangguan kesehatan secara tidak langsung dampaknya dapat terjadi beberapa tahun kemudian seperti penyakit paru-paru, jantung dan kanker yang sulit diobati dan berakibat fatal (USEPA, 2007).

Udara merupakan faktor penting dalam kehidupan, namun dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri, kualitas udara mengalami perubahan. Udara yang dulunya segar, kini kering dan kotor. Salah satu sumber pencemaran udara yaitu berbagai kegiatan yang meliputi sektor pemukiman, transportasi, komersial, pengelolaan limbah padat, dan sektor penunjang lainnya merupakan kegiatan yang potensial dalam merubah kualitas udara. Pembangunan fisik kota dan berdirinya pusat-pusat industri disertai dengan melonjaknya produksi kendaraan bermotor, mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan hasil produksi sampingan yang merupakan salah satu sumber pencemaran udara. Buruknya sistem penataan tata kota dan tidak adanya peraturan batasan kepadatan lalu lintas juga menjadi sumber pencemaran udara. Seperti halnya di kota Yogyakarta sebagai pusat kota pelajar yang tak luput dari fenomena tersebut. “Menurut data yang diambil dari Dislantas Polda DIY, jumlah

pertumbuhan kendaraan pada bulan Januari hingga Juli 2016 dibagi menjadi 5 kategori diantaranya Sepeda Motor sebanyak 13.788.619 unit, Mobil Penumpang 13.788.619 unit, Bus 437.941 unit, Mobil Beban 81.531 unit, Ransus (kendaraan khusus) 4.164 unit” (Majalah Protech, 2017:8).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menanggulangi masalah penurunan kualitas udara seperti eksplorasi sumber energi bersih, peremajaan mesin pabrik dan kendaraan agar lebih ramah lingkungan dan lain-lain. Akan tetapi dari berbagai upaya yang dilakukan masih terdapat kendala, salah satunya yaitu polusi udara yang sulit dirasakan secara jelas oleh indera manusia (kecuali kadar yang ekstrem), sehingga masih menimbulkan kekhawatiran masyarakat terhadap pencemaran udara yang membahayakan kesehatan. Untuk keperluan tersebut belum ada alat pendeteksi kualitas udara *indoor* yang mampu menunjukkan tingkat kualitas udara, walaupun ada harganya mahal dan tidak terjangkau oleh masyarakat luas.

Oleh karena itu perlu alat untuk pendeteksi tingkat pencemaran udara yang berfungsi untuk menunjukkan kualitas udara. Berdasarkan masalah di atas, penulis mempunyai tawaran solusi yaitu dengan merancang alat “Prototipe Pengendali Kualitas Udara *Indoor* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328p”. Untuk membuktikan seberapa besar kemampuan alat ini mendeteksi tingkat pencemaran udara, masih diperlukan serangkaian aktivitas pembuatan proyek akhir.

Berdasarkan permasalahan ada 3 identifikasi masalah (1) Udara yang sudah terkontaminasi zat polutan akan berdampak buruk pada kesehatan manusia. (2) Sistem tata kota dan lalu lintas tidak mampu menanggulangi pencemaran udara. (3) Belum adanya model alat pendeteksi kualitas udara *indoor* yang harganya terjangkau oleh masyarakat luas.

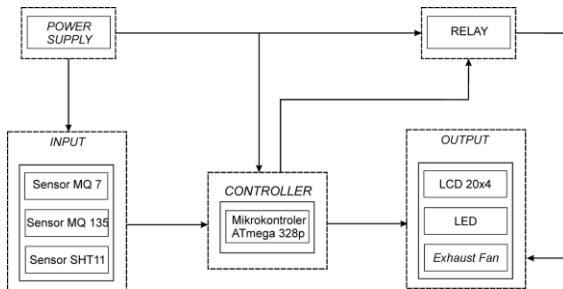
Rumusan masalah dari pembuatan alat ini ada 3 meliputi (1) Bagaimana membangun rangkaian *hardware* prototipe alat pengendali

kualitas udara *indoor* berbasis Mikrokontroler ATmega 328p ?. (2) Bagaimana membangun *software* prototipe alat pengendali kualitas udara *indoor* berbasis Mikrokontroler ATmega 328p?. (3) Bagaimana unjuk kerja prototipe alat pengendali kualitas udara *indoor* berbasis Mikrokontroler ATmega 328p?.

**METODE PENELITIAN**

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini ada beberapa tahap yaitu : blok diagram, perancangan sistem, pengujian alat, dan pengambilan data.

**Blok Diagram**



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Pada gambar 1 merupakan blok diagram dari prototipe pengendali kualitas udara *indoor* berbasis Mikrokontroler ATmega 328p. Pada bagian input terdiri dari sensor MQ 7 untuk mendeteksi CO dan sensor MQ 135 untuk mendeteksi CO<sub>2</sub>. Sensor SHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara. Setelah sensor mendeteksi gas CO, CO<sub>2</sub>, suhu, dan kelembaban maka data akan diolah oleh mikrokontroler ATmega 328p untuk ditampilkan ke bagian output yaitu LCD, LED dan *exhaust fan*. Di mana LCD dan LED digunakan untuk menampilkan hasil deteksi sensor. Jika hasil deteksi kualitas udara buruk, maka kontroler akan mengaktifkan relay untuk menghidupkan *exhaust fan* guna mengurangi zat polutan.

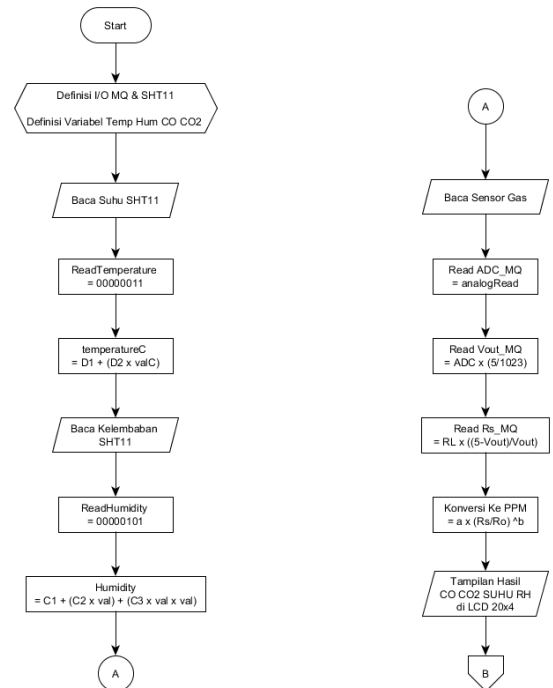
**Perancangan Sistem**

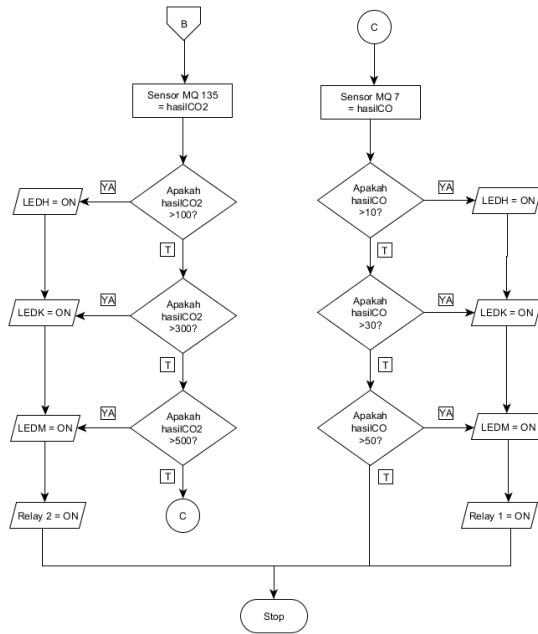
1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras merupakan perancangan alat yang dibutuhkan, yaitu : Rangkaian Catu Daya, Rangkaian Sensor gas, Rangkaian Sensor SHT11, Rangkaian Mikrokontroler ATmega 328p dan Rangkaian Relay.

2. Perancangan Perangkat Lunak

*Flowchart* dapat dijabarkan menjadi sebuah program yang dimulai dari proses awal kemudian inialisasi input dan output. Sensor SHT11 akan membaca data suhu dan kelembaban udara. Kemudian sensor gas akan membaca nilai ADC masing-masing sensor, tegangan output sensor, resistansi sensor kemudian akan diolah menjadi PPM (*part per million*) yang merupakan satuan zat polutan. Kemudian hasil deteksi sensor akan ditampilkan ke LCD dan diputuskan apakah melebihi batas atau tidak. Jika melebihi batas yang telah ditetapkan maka relay akan aktif.





Gambar 2. Flowchart main program

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini meliputi pengujian tegangan, pengujian sensor MQ7 dan MQ 135, sensor SHT11 serta pengujian keseluruhan alat.

### Pengujian Tegangan Catu Daya

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan Catu Daya

No	Pengukuran	Vin (V)	V <sub>output</sub> (V)		
			LM7805	LM7812	LM7805
1	Tanpa Beban	12 V	5 V	12 V	5 V
2	Dengan Beban	12 V	4.95 V	11.87 V	4.93 V

Hasil pengukuran tegangan catu daya untuk keluaran IC regulator LM7805 pertama adalah 5 V pada saat tanpa beban dan saat dengan beban tegangan keluaran menjadi 4.95 V, sehingga memiliki persentase *error* 1%. Sedangkan tegangan keluaran yang dihasilkan IC regulator LM7812 pada saat tanpa beban adalah 12 V dan saat dengan beban tegangan keluaran sebesar 11.87 V, sehingga memiliki persentase *error* 1.08%. Untuk hasil pengukuran IC regulator LM7805 kedua adalah 5 V pada saat tanpa beban dan saat dihubungkan dengan beban tegangan keluaran menjadi 4.93 V, sehingga memiliki persentase *error* 1.4%.

### Pengujian Tegangan Mikrokontroler

Tabel 2. Hasil Pengujian Tegangan Mikrokontroler

No	Vin (V)	V <sub>output</sub> (V)	
		Tanpa Beban	Dengan Beban
1	5 V	5 V	4.90 V

Hasil pengukuran tegangan mikrokontroler tanpa beban menghasilkan output 5 V dan pada saat dihubungkan dengan beban menjadi 4.90 V, sehingga memiliki persentase *error* 2%.

### Pengujian Sensor MQ 7

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor MQ 7

No	Percobaan Ke 1			Percobaan Ke 2			Percobaan Ke 3		
	MQ 7	CO	Error	MQ 7	CO	Error	MQ 7	CO	Error
	(ppm)	(ppm)	(%)	(ppm)	(ppm)	(%)	(ppm)	(ppm)	(%)
1	5.87	7	-16.1	8.24	9	-8.44	6.75	7	-3.57
2	7.04	8	-12.0	15.51	12	29.25	10.32	12	-14.0
3	12.52	10	25.2	22.20	21	5.71	16.78	15	11.87
4	15.21	16	-4.94	25.05	27	-7.22	23.41	20	17.05
5	18.98	18	5.44	33.14	29	14.28	25.78	27	-4.52
6	28.65	27	6.11	35.78	35	2.23	33.67	30	12.23
7	35.19	30	17.30	44.11	45	-1.98	39.40	38	3.68
8	38.41	37	3.81	50.38	50	0.76	45.91	47	-2.32
9	45.62	48	-4.96	54.76	56	-2.21	49.21	51	-3.51
10	50.89	53	-3.98	60.55	58	4.40	55.78	60	-7.03
Rata-Rata Error =				Rata-Rata Error =			Rata-Rata Error =		
1.58%				3.68%			0.99%		
Error = 2.08%									

Proses pengujian sensor MQ 7 dibandingkan dengan alat Krisbow KD09-224 Carbon Monoxide Meter. Dari hasil pengujian pertama diperoleh rata-rata *error* 1.58%, kemudian pada pengujian kedua rata-rata *error* sebesar 3.68% dan pada pengujian ketiga rata-rata *error* 0.99%. Sehingga dari 3 kali pengujian diperoleh rata-rata *error* sensor MQ 7 saat mengukur gas CO sebesar 2.08%.

**Pengujian Sensor MQ 135**

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor MQ 135

No	Percobaan Ke 1			Percobaan Ke 2			Percobaan Ke 3		
	MQ 135 (ppm)	CO <sub>2</sub> Meter (ppm)	Error (%)	MQ 135 (ppm)	CO <sub>2</sub> Meter (ppm)	Error (%)	MQ 135 (ppm)	CO <sub>2</sub> Meter (ppm)	Error (%)
1	270.6	254	6.54	248.74	226	10.06	269.62	248	8.72
2	390.13	369	5.73	324.67	297	9.32	350.12	380	-7.86
3	450.21	412	9.27	396.31	372	6.53	478.51	453	5.63
4	540.95	502	7.76	478.87	440	8.83	532.87	582	-8.44
5	671.41	620	8.29	549.65	581	-5.4	610.24	653	-6.55
6	730.53	684	6.8	653.12	692	-5.62	692.45	736	-5.92
7	780.12	825	-5.44	740.56	780	-5.06	761.73	824	-7.56
8	840.9	893	-5.83	862.05	807	6.82	830.29	891	-6.81
9	905.1	971	-6.79	947.72	871	8.81	918.45	973	-5.61
10	955.34	1037	-7.87	1145	1053	8.74	961.37	1027	-6.39
Rata-Rata Error = 1.85%			Rata-Rata Error = 4.30%			Rata-Rata Error = 4.08%			
Error = 3.41%									

Proses pengujian sensor MQ 135 dibandingkan dengan alat ukur kadar gas CO<sub>2</sub> dalam ruangan seri AZ-77535. Dari hasil pengujian pertama diperoleh rata-rata error 1.85%, kemudian pada pengujian kedua rata-rata error sebesar 4.30% dan pada pengujian ketiga rata-rata error 4.08%. Sehingga dari 3 kali pengujian diperoleh rata-rata error sensor MQ 135 saat mengukur gas CO<sub>2</sub> sebesar 3.41%.

**Pengujian Sensor SHT11**

Tabel 5. Hasil Pengujian Suhu Sensor SHT11

No	Percobaan Ke 1			Percobaan Ke 2			Percobaan Ke 3		
	SHT11 (°C)	Thermo meter (°C)	Error (%)	SHT11 (°C)	Thermo meter (°C)	Error (%)	SHT11 (°C)	Thermo meter (°C)	Error (%)
1	30.24	30	0.80	31.06	31	0.19	35.01	35	0.03
2	31.06	31	0.19	32.96	32	3.00	37.85	37	2.30
3	33.15	32	3.59	33.1	32	3.44	38.99	37	5.38
4	34.63	33	4.94	34.83	34	2.44	43.46	43	1.07
5	35.59	35	1.69	35.39	35	1.11	44.31	43	3.05
6	36.65	36	1.81	37.96	37	2.59	46.79	45	3.97
7	37.38	37	1.03	45.47	44	3.34	49.19	49	0.39
8	37.87	37	2.35	47.31	46	2.85	52.61	50	5.22
9	39	39	0.00	50.46	50	0.92	56.11	55	2.02
10	40	39	2.56	52.13	51	2.22	58.72	57	3.02
Rata-Rata Error = 1.90%			Rata-Rata Error = 2.21%			Rata-Rata Error = 2.64%			
Error = 2.25%									

Proses pengujian suhu sensor SHT11 dibandingkan dengan alat *Thermometer Digital*

seri TM-2000. Dari hasil pengujian pertama diperoleh rata-rata error 1.90%, kemudian pada pengujian kedua rata-rata error sebesar 2.21% dan pada pengujian ketiga rata-rata error 2.64%. Sehingga dari 3 kali pengujian diperoleh rata-rata error sensor SHT11 saat mengukur suhu sebesar 2.25%.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kelembaban Sensor SHT11

No	Percobaan Ke 1			Percobaan Ke 2			Percobaan Ke 3		
	SHT11 (%)	Hygro meter (%)	Error (%)	SHT11 (%)	Hygro meter (%)	Error (%)	SHT11 (%)	Hygro meter (%)	Error (%)
1	33.78	32	5.56	20.63	20	3.15	15.61	15	4.07
2	34.53	34	1.56	23.05	23	0.22	17.29	17	1.71
3	38.27	37	3.43	26.59	26	2.27	19.12	19	0.63
4	42.31	42	0.74	28.71	28	2.54	22.36	22	1.64
5	43.06	43	0.14	38.23	37	3.32	25.04	25	0.16
6	45.87	44	4.25	43.61	43	1.42	27.34	26	5.15
7	47.43	46	3.11	44.23	44	0.52	28.35	28	1.25
8	48.11	48	0.23	46.71	45	3.80	34.56	33	4.73
9	52.66	51	3.25	47.48	47	1.02	36.11	36	0.28
10	54.24	53	2.34	52.42	52	0.81	41.32	41	0.78
Rata-Rata Error = 2.46%			Rata-Rata Error = 1.91%			Rata-Rata Error = 2.04%			
Error = 2.14%									

Proses pengujian kelembaban sensor SHT11 dibandingkan dengan alat *Hygrometer*. Dari hasil pengujian pertama diperoleh rata-rata error 2.46%, kemudian pada pengujian kedua rata-rata error sebesar 1.91% dan pada pengujian ketiga rata-rata error 2.04%. Sehingga dari 3 kali pengujian diperoleh rata-rata error sensor SHT11 saat mengukur kelembaban sebesar 2.14%.

**Pengujian Keseluruhan Alat**

Unjuk kerja keseluruhan alat ini merupakan kombinasi seluruh bagian *hardware* dan *software* yang telah terintegrasi menjadi sebuah sistem. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan, maka sistem ini berfungsi dengan baik. Sensor yang digunakan dalam pembuatan alat ini yaitu sensor MQ 7 untuk mendeteksi gas CO, sensor MQ 135 untuk mendeteksi gas CO<sub>2</sub> dan sensor SHT11 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara dalam ruangan.

Saat alat ini dihidupkan maka secara otomatis akan langsung bekerja untuk membaca

data-data sensor, kemudian hasil deteksi sensor tersebut diolah oleh mikrokontroler ATmega 328p untuk ditampilkan *output* berupa LCD, LED dan *exhaust fan*. Saat ada zat polutan yang dideteksi berupa asap, maka sensor gas akan langsung mengukur kadar kualitas gas CO dan CO<sub>2</sub> dalam satuan PPM (*part per million*). Dengan adanya zat polutan tersebut maka secara otomatis kadar gas CO dan CO<sub>2</sub> akan naik. Dengan tingginya kadar zat polutan maka akan menaikkan suhu dan kelembaban udara dalam ruangan. Untuk menjaga kondisi kualitas udara tetap dalam batas normal, maka mikrokontroler ATmega 328p akan mengontrol relay untuk menghidupkan *exhaust fan* guna mengurangi zat polutan jika melebihi batas. Selain mengontrol relay, mikrokontroler juga digunakan untuk mengolah data agar dapat ditampilkan dalam bentuk LCD dan LED.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap Prototipe Pengendali Kualitas Udara *Indoor* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328p dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perangkat keras Prototipe Pengendali Kualitas Udara *Indoor* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328p dibuat dengan menggabungkan beberapa komponen dan rangkaian, diantaranya : catu daya sebagai sumber tegangan, sensor MQ 7, MQ 135 dan SHT11 sebagai *input*, rangkaian relay untuk menghidupkan *exhaust fan*, serta menggunakan LCD dan LED sebagai penampil hasil deteksi sensor. Setiap rangkaian dan komponen tersebut dihubungkan ke mikrokontroler ATmega 328p sebagai pusat kendali.
2. Perangkat lunak yang diaplikasikan dalam sistem ini adalah program yang dibangun dengan *software* pemrograman Arduino IDE.

3. Unjuk kerja Prototipe Pengendali Kualitas Udara *Indoor* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328p secara keseluruhan telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan yaitu saat sensor mendeteksi kualitas udara maka hasilnya akan diolah mikrokontroler ATmega 328p agar dapat ditampilkan ke LCD dan LED. Jika hasil deteksi sensor melebihi batas normal, maka mikrokontroler akan mengontrol relay untuk menghidupkan *exhaust fan* untuk mengurangi zat polutan dalam ruangan.

### Saran

Pembuatan proyek akhir ini ternyata terdapat beberapa kekurangan sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut. Saran yang membangun dibutuhkan untuk menyempurnakan proyek akhir ini, antara lain sebagai berikut :

1. Sistem pengendali kualitas udara *indoor* diharapkan nantinya dapat dikembangkan menjadi sistem yang mampu mengurai zat-zat polutan agar tidak berbahaya lagi bagi manusia.
2. Sistem ini masih berupa prototipe, jadi perlu penelitian lebih lanjut untuk menguji keefektifan alat agar sistem ini mampu diterapkan dalam kehidupan *real*

## DAFTAR PUSTAKA

- Depkes RI. (2004). Parameter pencemaran udara dan dampaknya terhadap kesehatan. Diambil pada tanggal 5 Maret 2017, dari <http://www.depkes.go.id>.
- Febriantono, M. Aldiki. Tugas Akhir Perancangan dan Pembuatan Alat Pengurai Asap Rokok Pada *Smoking Room* Menggunakan Kontrol PID. Malang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Setyanto, R BG Puguh. Tugas Akhir Rancang Bangun Alat Pengukur Tingkat Polusi Udara Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor TGS 2600. Semarang : Progam Studi

- Elektronika dan Instrumentasi  
Universitas Diponegoro.
- Sumardi. (2013). *Mikrokontroler Belajar AVR*.  
Yogyakarta : Graha Ilmu.
- USEPA (2007). *An Introduction to Indoor Air  
Quality (IAQ)*. Diambil pada tanggal 25  
Maret 2017, dari  
<http://www.epa.gov/iad/ia-intro.html>.
- USEPA. (1991). *Indoor Air Facts No. 4 (Sick  
Building Syndrome)*. USA: United  
States Environmental Protection  
Agency.
- Wardoyo, Sisodan dan Suro Anggoro  
Pramudyo. (2015). *Pengantar  
Mikrokontroler dan Aplikasi pada  
Arduino*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Wardhana, WA. (1995). *Dampak Pencemaran  
Lingkungan*. Yogyakarta : ANDI.
- Winoto, Ardi . (2008). *Mikrokontroler AVR  
Atmega 8/32/16/8535 dan Pemrograman  
dengan Bahasa C pada WinAVR*.  
Bandung : Informatika Bandung.

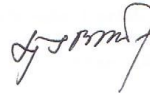
Penguji Utama,



Drs. Totok Sukardiyono, M.T.  
NIP. 19670930 199303 1 005

Yogyakarta, 10 Juli 2017

Pembimbing Proyek Akhir,



Dr. Sri Waluyanti, M.Pd.  
NIP. 19581218 198603 2 001