

---

## Journal of Informatics and Telecommunication Engineering

---

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jite>

---

### Stasiun Pemantau Kualitas Udara Berbasis Web

#### *Web Based Quality Air Monitor Station*

Matius Arihta Sebayang\*

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik

Universitas Medan Area, Indonesia

\*Corresponding author: E-mail : [matiusarihtasebayang@gmail.com](mailto:matiusarihtasebayang@gmail.com)

---

#### Abstrak

Stasiun Pemantau Kualitas Udara Berbasis Web adalah sebuah sistem yang dirancang khusus untuk dapat mengumpulkan, menginformasikan dan menyajikan data mengenai kualitas udara di titik atau daerah yang telah terpasang sensor dan telah terintegrasi dengan peranti lunak aplikasi web sehingga memudahkan pengguna untuk mengakses informasi tersebut kapanpun dan dimanapun pengguna berada. Semakin tingginya angka pengguna kendaraan bermotor mengakibatkan meningkatnya sumber pencemaran udara. Gas – gas hasil pembuangan kendaraan bermotor tersebut dapat menimbulkan pencemaran dan apabila melebihi batas normal dapat berakibat buruk terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup disekitarnya. Semakin tinggi dan meningkatnya angka pencemaran udara maka sudah saatnya diperlukan suatu sistem yang dapat mengukur kadar kontaminan udara. Sistem ini telah dibangun dengan menggunakan mikrokontroler board Arduino Uno, sensor pendeteksi gas dan sensor pendeteksi suhu serta kelembaban udara, untuk perangkat lunaknya dibangun dengan menggunakan bahasa C Arduino, bahasa pemrograman web berbasis PHP, web server Apache, dan database MySQL. Pemanfaatan database di dalam sistem ini bertujuan untuk menyimpan data yang telah dibaca atau dideteksi oleh sensor sehingga data dapat tetap tersimpan dan dapat ditampilkan ataupun disajikan apabila dikemudian hari data pengukuran ini diperlukan. Dengan demikian informasi ini dapat dijadikan acuan sehingga dapat dihindari dampak buruk udara yang tercemar.

**Kata Kunci :** *Apache; Arduino Uno; MySQL; Pencemaran Udara; PHP*

#### Abstract

*Web-Based Air Quality Station is a system designed specifically to be able to collect, inform and present data on air quality at the point or area that has been installed sensor and has been integrated with web application software so as to facilitate the user to access the information at any time and Wherever the user is. The higher the number of users of motor vehicles resulted in increased sources of air pollution. The disposal of the motor vehicle can cause contamination and if it exceeds the normal limit it can adversely affect the health of humans and other living beings. The higher and increasing the number of air pollution then it is time needed a system that can measure air contaminant content. The system has been built using Arduino Uno microcontroller board, gas detection sensor and temperature and humidity detection sensors, for its software built using Arduino C language, PHP-based web programming language, Apache web server, and MySQL database. Utilization of the database in this system aims to store data that has been read or detected by the sensor so that data can remain stored and can be displayed or presented if in the future measurement data is required. Thus this information can be used as a reference so that can be avoided the bad impact of polluted air.*

**Keywords :** *Air Pollution; Apache; Arduino Uno; MySQL; PHP*

**How to Cite:** Sebayang, M.A. 2017, Stasiun Pemantau Kualitas Udara Berbasis Web , *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, 1(1) :24-33.

---

#### PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan adanya bahan-bahan atau zat asing di atmosfer yang menyebabkan terjadinya perubahan

komposisi udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing tersebut di dalam udara dalam jumlah dan jangka waktu tertentu akan menimbulkan

gangguan pada kehidupan manusia, hewan, maupun tumbuhan.

Untuk memantau kualitas udara telah banyak alat yang beredar di pasaran, termasuk melalui ponsel cerdas pemantau kualitas udara juga telah dapat diunduh. Namun dari alat ukur yang ada dimasyarakat masih terdapat beberapa kelemahan, diantaranya adalah:

- 1) Untuk melihat hasil pengukuran harus dilakukan langsung di lokasi pemantauan.
- 2) Alat ukur yang ada hanya dapat menampilkan data kualitas udara.
- 3) Hasil pengukuran tidak tersimpan di pusat data sehingga data hasil pengukuran tidak direkam.

Aplikasi berbasis *website* (web) merupakan salah satu media yang sangat efisien untuk memantau kualitas udara, dengan menggunakan komunikasi melalui protokol internet, maka aplikasi ini sangat mudah diakses untuk semua kalangan. Dengan memanfaatkan papan pengendali mikrokontroler Arduino Uno, web *server*, dan bahasa pemrograman *Hypertext Preprocessor* (PHP), sangat memungkinkan untuk dapat diciptakan suatu alat pemantau kualitas udara yang akurat dan mudah diakses untuk semua kalangan.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu dirancang stasiun pemantau kualitas udara yang ditampilkan melalui website dan setiap data pemantauan akan disimpan di pusat penyimpanan data (*database*) sehingga data hasil pemantauan dapat disajikan dengan baik dan data tersebut dapat digunakan sesuai kebutuhan.

## METODE PENELITIAN

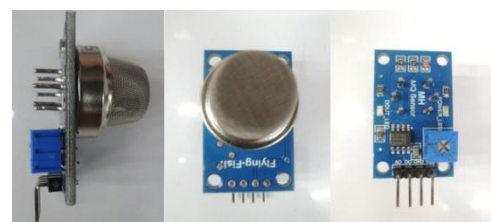
Dalam metode ini peneliti akan melakukan perancangan alat, perancangan tampilan halaman web, perancangan

format atau bentuk laporan, dan pengkalibrasian sensor sehingga alat dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan.

Dalam metode ini peneliti akan melakukan pengambilan data menggunakan alat milik Astra Auto 2000 SM Raja, data hasil pengukuran akan menjadi sampel data untuk dibandingkan dengan data hasil pengukuran kualitas udara dari alat yang dirancang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

MQ-135 adalah sensor udara untuk mendeteksi gas amonia (NH<sub>3</sub>), natrium-(di)oksida (NO<sub>x</sub>), alkohol / ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), benzena (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), gas belerang / sulfurhidroksida (H<sub>2</sub>S) dan gas - gas lainnya yang ada di atmosfer. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog di pin keluarannya. Sensor ini bekerja pada tegangan 5 Volt dan menghasilkan sinyal keluaran analog. Gambar dari sensor MQ-135 tertera pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Sensor MQ-135

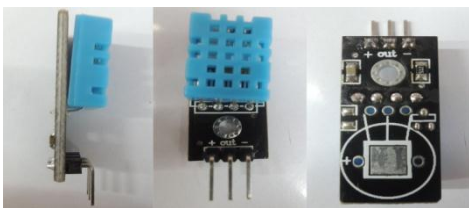
Sensor MQ-7 (Gambar 2) merupakan sensor yang memiliki kepekaan tinggi terhadap gas CO dan hasil kalibrasinya stabil serta tahan lama. Sensor MQ-7 tersusun oleh tabung keramik mikro Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, lapisan sensitif timah dioksida (SnO<sub>2</sub>), elektroda pengukur dan pemanas sebagai lapisan kulit yang terbuat dari plastik dan

permukaan jaring stainless steel. Alat pemanas (*heater*) menyediakan kondisi kerja yang diperlukan agar komponen sensitif dapat bekerja. Sensor ini bekerja pada tegangan 5 Volt dan menghasilkan sinyal keluaran analog.



Gambar 2. Sensor MQ-7

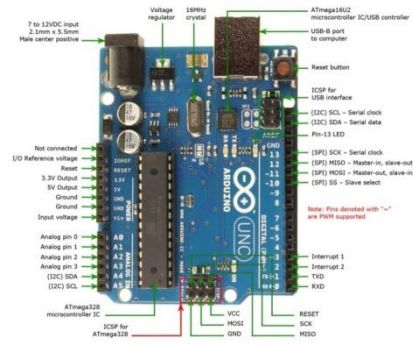
Sensor DHT11 (Gambar 3) adalah sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Sensor ini memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan di dalam *One Time Programming* (OTP) program memori, sehingga ketika sensor mendeteksi sesuatu, maka modul ini menyertakan koefisien tersebut dalam kalkulasinya. Sensor ini termasuk sensor yang memiliki kualitas terbaik, dinilai dari respon, pembacaan data yang cepat, dan kemampuan anti-*interference*. Ukurannya yang kecil, dan dengan transmisi sinyal hingga radius 20 (dua puluh) meter.



Gambar 3. Sensor DHT 11

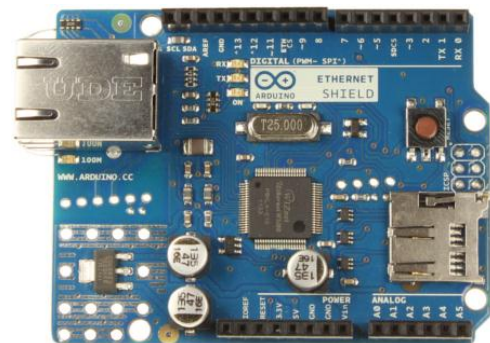
Arduino Uno adalah sebuah papan mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno mempunyai 14 pin digital input/output, 6 input analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB (*Universal Serial Bus*), sebuah *power jack*, sebuah ICSP (In Circuit Serial Programming) header, dan sebuah tombol

reset. Arduino Uno memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC (*Alternate Current*) ke DC (*Direct Current*) atau menggunakan baterai untuk mengoperasikannya. Spesifikasi Arduino Uno tertera pada Tabel 2.9 dan struktur dari Arduino Uno tertera pada Gambar 4.



Gambar 4. Arduino Uno

5) Arduino Ethernet Shield (Gambar 5) merupakan papan pengendali mikrokontroler yang di *extend* dari Arduino UNO agar dapat terhubung ke jaringan komputer. Untuk menghubungkan Arduino Uno dengan jaringan komputer diperlukan Arduino Ethernet Shield yang dihubungkan menggunakan konektor RJ-45.

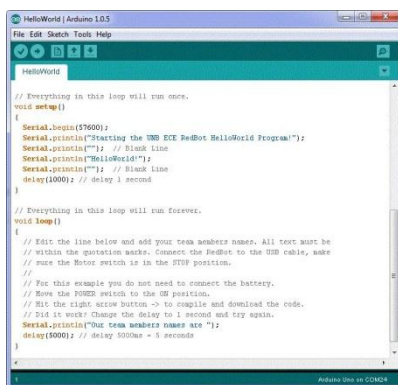


Gambar 5. Arduino Ethernet Shield

*ArduinoDevelopment Environment* merupakan editor teks untuk menulis

kode, sebuah area pesan, sebuah konsol, sebuah *toolbar* dengan tombol - tombol untuk fungsi yang umum dan beberapa menu. *Arduino Development Environment* terhubung ke arduino board untuk meng-*upload* program dan juga untuk berkomunikasi dengan arduino board.

Perangkat lunak yang ditulis menggunakan *Arduino Development Environment* disebut *sketch*. *Sketch* ditulis pada editor teks. *Sketch* disimpan dengan file berekstensi *.ino*. Area pesan memberikan informasi dan pesan error ketika kita menyimpan atau membuka *sketch*. Konsol menampilkan output teks dari *Arduino Development Environment* dan juga menampilkan pesan error ketika kita mengkompilasi *sketch*. Pada sudut kanan bawah jendela *Arduino Development Environment* menunjukkan jenis board dan port serial yang sedang digunakan. Tombol *toolbar* digunakan untuk mengecek dan meng-*upload sketch*, membuat, membuka, atau menyimpan *sketch*, dan menampilkan serial monitor. *Arduino Development Environment* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Arduino IDE

*MySQL* merupakan *database* yang dikembangkan dari bahasa *SQL (Structure Query Language)*. *SQL* sendiri merupakan bahasa yang terstruktur yang digunakan untuk interaksi antara *script* program

dengan *database server* dalam hal pengolahan data. Dengan *SQL*, kita dapat membuat tabel yang nantinya akan diisi dengan data, memanipulasi data, serta membuat suatu perhitungan dengan berdasarkan data yang ditemukan.

*MySQL* merupakan *software* resmi yang dikembangkan oleh perusahaan Swedia bernama *MySQL AB*, yang waktu itu bernama *TcX Data Konsult AB*. Pada awalnya *MySQL* memakai nama *mSQL* atau "mini *SQL* sebagai antarmuka yang digunakan, ternyata dengan menggunakan *mSQL* itu mengalami banyak hambatan, yaitu sangat lambat dan tidak fleksibel. Oleh karena itu, Michael Widenius berusaha mengembangkan *interface* yang tersebut hingga ditemukan *MySQL*. Kala itu, *MySQL* didistribusikan secara khusus, yakni untuk keperluan non komersial bersifat gratis, sedangkan untuk kebutuhan komersial diharuskan membayar lisensi. Barulah sejak versi 3.23.19, *MySQL* dikategorikan *software* berlisensi *GPL (General Public License)*, yakni dapat dipakai tanpa biaya untuk kebutuhan apapun.

*HTML (Hypertext Markup Language)* merupakan suatu dokumen teks biasa yang mudah untuk dimengerti dibandingkan bahasa pemrograman lainnya, dan karena bentuknya itu maka *HTML* dapat dibaca oleh banyak *platform* seperti windows, unix dan lainnya (Sampurna, 1996). *HTML* merupakan bahasa pemrograman fleksibel dimana kita bisa meletakkan *script* dari bahasa pemrograman lainnya, seperti *JAVA*, *Visual Basic*, *C*, dan lainnya.

Hypertext dalam *HTML* berarti bahwa kita dapat menuju ke suatu tempat, misal website atau halaman *home page* lain, dengan cara memilih suatu *link* yang biasanya digaris bawahi atau diwakili oleh suatu gambar. Selain *link* ke website atau

*home page* halaman lain, *hypertext* ini juga memungkinkan kita untuk menuju ke salah satu bagian dalam satu teks itu sendiri.

HTML tidak berdiri sendiri, agar ia dapat bertugas dalam membangun halaman web, ia harus ditulis dalam software atau aplikasi tertentu, yang dikenal sebagai HTML Editor. HTML Editor inilah yang bertugas untuk menerjemahkan bahasa HTML menjadi halaman web yang siap dilihat oleh para surfer di seluruh dunia.

Struktur elemen pada HTML dapat didefinisikan sebagai suatu kode tertentu yang akan menyediakan tempat untuk meletakkan beberapa kode didalamnya. Berbeda dengan tag yang menangani satu kode saja. Untuk lebih jelasnya perhatikan di bawah ini.

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>tempat untuk menempatkan judul
halaman web
</TITLE>
</HEAD>
<BODY>tempat untuk menempatkan informasi
</BODY>
</HTML>
```

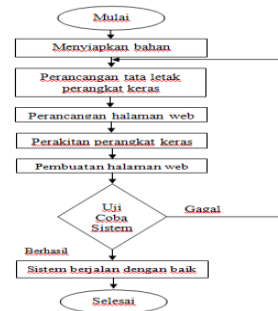
Menurut Agus Saputra (2011), PHP atau yang memiliki kepanjangan *Hypertext Preprocessor* merupakan suatu bahasa pemrograman yang difungsikan untuk membangun suatu website dinamis. PHP menyatu dengan kode HTML. HTML digunakan sebagai pembangun atau pondasi dari kerangka layout web, sedangkan PHP difungsikan sebagai prosesnya sehingga dengan adanya PHP tersebut, web akan sangat mudah di-*maintenance*.

PHP berjalan pada sisi server sehingga PHP disebut juga sebagai bahasa *Server Side Scripting*. Artinya bahwa dalam setiap / untuk menjalankan PHP harus menggunakan web server. PHP bersifat *open source* sehingga dapat dipakai secara cuma - cuma dan memiliki

kemampuan lintas *platform*, yaitu dapat berjalan pada sistem operasi Windows maupun Linux.

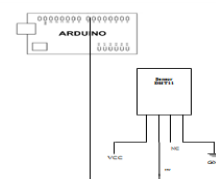
Setiap program PHP disebut dengan *script.Script* berupa file teks, yang dapat dibuat dengan menggunakan program editor file teks biasa seperti notepad, edit, vi(dalam lingkungan Unix/linux), dan lain sebagainya. *Editorteks* yang digunakan sebaiknya *editor* teks yang memungkinkan membuat program PHP lebih mudah. Umumnya setiap statement dituliskan dalam satu baris.*Script* PHP merupakan *script* yang digunakan untuk menghasilkan halaman-halaman web. Cara penulisannya dibedakan menjadi 2 cara, yaitu *embedded* dan *non embedded script*.

Diagram alur perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



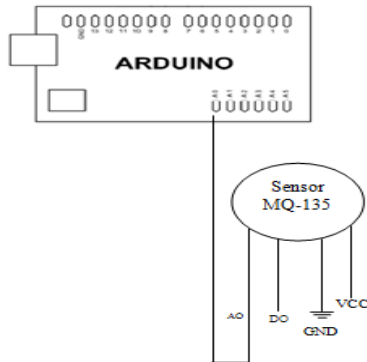
Gambar 7. Alur Perancangan Sistem

Sensor DHT11 merupakan sensor digital yang berfungsi untuk mengukur nilai kelembaban dan temperatur udara. Sensor ini bekerja dengan cara menyimpan koefisien kalibrasi yang disimpan di dalam *One Time Programming* (OTP) program memori. Pemasangan rangkaian sensor DHT11 dan keterangan kaki / pin sensor DHT11 tertera pada Gambar 8 berikut.



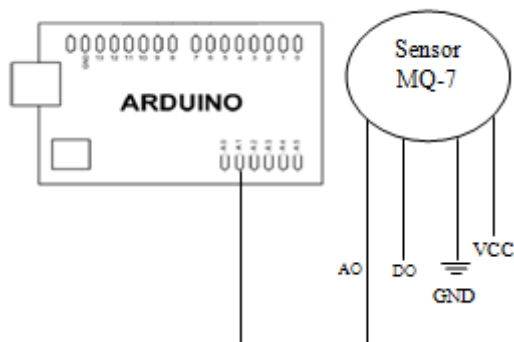
Gambar 8. Rangkaian Sensor DHT11

Sensor MQ-135 adalah sensor udara untuk mendeteksi gas amonia ( $\text{NH}_3$ ), natrium-(di)oksida ( $\text{NO}_x$ ), alkohol / ethanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), benzena ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), gas belerang / sulfur-hidroksida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dan gas - gas lainnya yang ada di atmosfer. Pemasangan sensor MQ-135 dan keterangan kaki / pin sensor MQ-135 tertera pada Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Sensor MQ-135

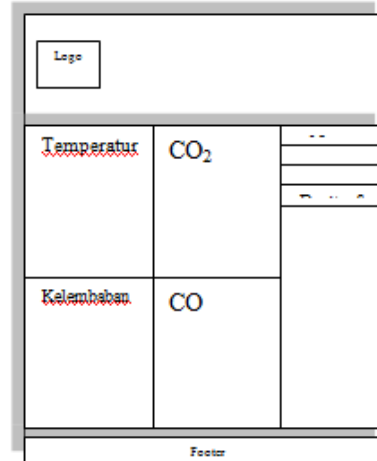
Sensor MQ-7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ). Sensor ini menggunakan catu daya heater 5 Volt AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian 5 Volt DC. Pemasangan sensor MQ-7 dan keterangan kaki / pin sensor MQ-7 tertera pada Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian Sensor MQ-7

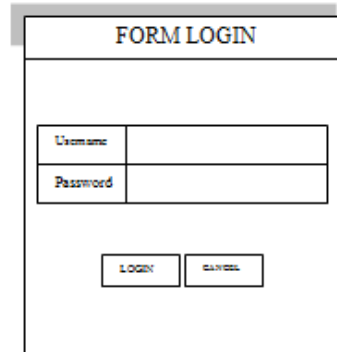
Halaman ini berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran secara *real time* dan menampilkan berita dan informasi untuk masyarakat

luas. Rancangan halaman web *monitoring* dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Rancangan Halaman Monitoring

Halaman ini adalah halaman yang mempunyai hak akses untuk menyajikan data hasil pengukuran. Halaman ini hanya dapat diakses oleh administrator, untuk dapat masuk ke dalam halaman pencetakan laporan harus melalui halaman form login terlebih dahulu (Gambar 12).



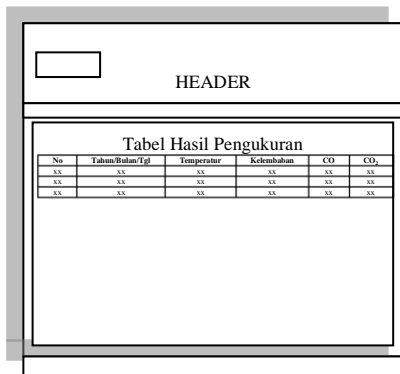
Gambar 12. Rancangan Halaman Form Login

Halaman ini merupakan halaman utama ketika administrator telah login ke dalam sistem. Rancangan halaman index administrator tertera pada Gambar 13 berikut.



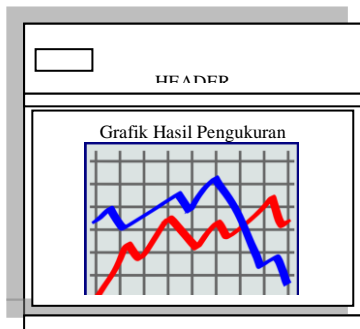
Gambar 13. Rancangan Halaman Administrator

Halaman ini merupakan halaman yang menampilkan data hasil pengukuran dalam bentuk grafik. Rancangan halaman grafik hasil pengukuran tertera pada Gambar 14 berikut.



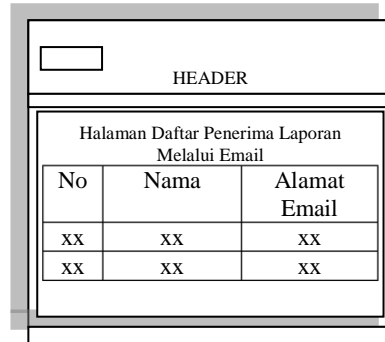
Gambar 14. Rancangan Halaman Tabel Hasil Pengukuran

Halaman ini merupakan halaman yang menampilkan data hasil pengukuran dalam bentuk grafik. Rancangan halaman grafik hasil pengukuran tertera pada Gambar 15 berikut.



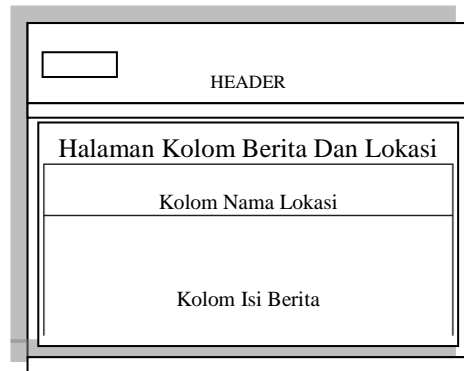
Gambar 15. Rancangan Halaman Grafik Hasil Pengukuran

Halaman ini merupakan halaman yang menampilkan dan mengubah data penerima laporan melalui email. Rancangan halaman data penerima laporan melalui email tertera pada Gambar 16 berikut.



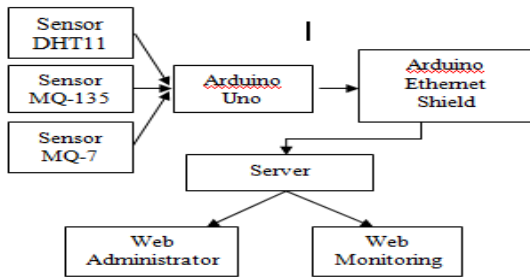
Gambar 16. Rancangan Halaman Penerima Laporan Email

Halaman ini merupakan halaman yang berfungsi untuk mengisi kolom berita dan kolom lokasi pengukuran. Rancangan halaman kolom berita dan lokasi tertera pada Gambar 17 berikut.



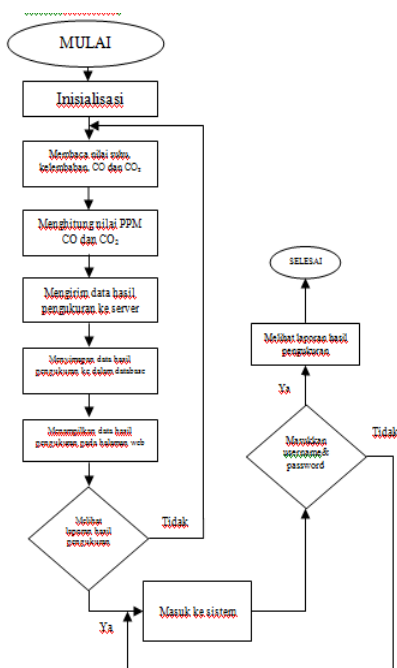
Gambar 17. Rancangan Halaman Berita Dan Lokasi

Dari setiap rancangan perangkat keras dan rancangan perangkat lunak yang telah diuraikan, maka dapat dengan ringkas digambarkan dengan blok diagram seperti yang tertera pada Gambar 18 berikut.



Gambar 18. Blok diagram

Berdasarkan Gambar 18, sensor DHT11 akan mengukur nilai kelembaban dan temperatur udara, sensor gas MQ-135 akan mengukur nilai gas CO<sub>2</sub>, dan sensor gas MQ-7 akan mengukur nilai gas CO di atmosfer. Data hasil pengukuran akan diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno, kemudian Arduino Ethernet Shield akan mengirimkan data hasil pengukuran menuju server untuk diolah dan disimpan di database. Setelah data tersimpan di dalam database, server akan mengolah data hasil pengukuran untuk ditampilkan di halaman web *monitoring* dan halaman web *administrator* untuk proses penyajian data. Flowchart software yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 19 berikut.



Gambar 19. Flowchart Stasiun Pemantau Kualitas Udara Berbasis Web

Grafik perbandingan hasil pengukuran temperatur dan kelembaban dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Grafik Perbandingan Pengukuran Temperatur

Sensor Suhu	Waktu (Menit)					
	10	20	30	40	50	60
Google Cuaca	31 °C	31 °C	31 °C	31 °C	31 °C	31 °C
DHT11	30 °C	30 °C	31 °C	32 °C	32 °C	32 °C
Selisih	1 °C	1 °C	0 °C	1 °C	1 °C	1 °C

Tabel 2. Grafik Perbandingan Pengukuran Kelembaban Udara

Sensor Suhu	Waktu (Menit)					
	10	20	30	40	50	60
Google	70%	70%	70%	70%	70%	70%
DHT11	67%	67%	67%	67%	67%	67%
Selisih	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%

Dalam pengujian dilakukan pengukuran kadar CO<sub>2</sub> hasil dari pembakaran bahan bakar sepeda motor Honda Revo 110 CC menggunakan sensor MQ-135 dan alat ukur uji emisi gas buang milik Astra International Auto 2000 sebagai pembandingan. Pengujian dilakukan selama 1 jam dengan interval pengukuran setiap 10 menit. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perbandingan pengukuran kadar CO<sub>2</sub> dengan menggunakan sensor MQ-135 dan Sukyoung SGA-401

Sensor CO <sub>2</sub>	Waktu (Menit)					
	10	20	30	40	50	60
Sukyoung SGA-401	3000 PPM	3000 PPM	3000 PPM	3000 PPM	3000 PPM	3000 PPM
MQ-135	2800 PPM	2989 PPM	2800 PPM	2989 PPM	2800 PPM	2989 PPM
Selisih	200 PPM	11 PPM	200 PPM	11 PPM	200 PPM	11 PPM

Dalam pengujian dilakukan pengukuran kadar CO hasil dari pembakaran bahan bakar sepeda motor



Honda Revo 110 CC menggunakan sensor MQ-7 dan alat ukur uji emisi gas buang milik Astra International Auto 2000 sebagai pembanding. Pengujian dilakukan selama 1 jam dengan interval pengukuran setiap 10 menit. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perbandingan pengukuran kadar CO dengan MQ-7 dan Alat Uji Emisi Gas Buang Sukyoung SGA-401

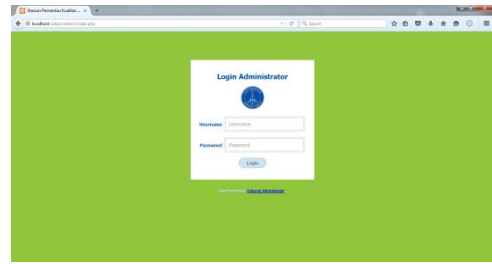
Sensor	Waktu (Menit)					
	10	20	30	40	50	60
Sukyoung SGA-401	0,13 PPM	0,13 PPM	0,13 PPM	0,13 PPM	0,13 PPM	0,13 PPM
MQ-7	0,14 PPM	0,14 PPM	0,14 PPM	0,14 PPM	0,14 PPM	0,14 PPM
Selisih	-0,1 PPM	-0,1 PPM	-0,1 PPM	-0,1 PPM	-0,1 PPM	-0,1 PPM

Hasil pengujian halaman web *monitoring* berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan, hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 20 berikut.



Gambar 20. Tampilan Halaman Web Monitoring

Hasil pengujian halaman web *administrator* berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan. Untuk dapat masuk ke dalam sistem, seorang administrator harus terlebih dahulu memasukkan username dan password di halaman form login. Halaman form login dan halaman utama *administrator* dapat dilihat pada Gambar 21 dan Gambar 22 berikut.



Gambar 21. Tampilan Halaman Form Login



Gambar 22. Tampilan Halaman Utama Web Administrator

### SIMPULAN

Dari hasil pengujian perangkat keras dan pengujian perangkat lunak, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu Sistem yang dirancang mampu menjadi sarana media informasi untuk menyampaikan kualitas udara kepada masyarakat luas melalui halaman web. Sistem yang dirancang mampu menjadi pusat data dan informasi yang menyimpan tentang informasi kualitas udara di area pengukuran. Sistem yang dirancang mampu menjadi media penyajian data dan informasi kualitas udara.

### DAFTAR PUSTAKA

Adiptya, Y.E. & Muhammad, Wibawanto Hari. 2013. *Sistem Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroler ATmega8*. Jurnal Teknik Elektro Vol. 5 No. 1. Jurnal Universitas Negeri Semarang, PP. 15 – 16

Azis, S. 2015. *Purwarupa sistem pemantauan kualitas udara secara daring*. Jurnal Universitas Widyatama, PP. 3 – 4.

Banzi, M. 2011. *Getting Started With Arduino*. Second Edition, USA: O'Reilly Media, Inc.

Beckingham Colin. 2011. *Data logging with open source hardware and software in the energy sector (Solar panels, Arduino, PHP, MySQL, and Flotr)*. IBM Corporation.

Betha, S, IR. 2004. *Pemrograman WEB dengan PHP*. Cetakan Keempat, Bandung : Penerbit Informatika.

Craft. 2013. *Arduino Project For Dummies*. First Edition, England: John Wiley & Sons, Ltd.

- [https://id.wikipedia.org/wiki/Bagian\\_per\\_juta](https://id.wikipedia.org/wiki/Bagian_per_juta).  
Tanggal akses: 30 Maret 2016.
- <https://m.tempo.co/read/news/2014/04/19/060571781/lima-zat-pencemaran-udara-dampak-bagi-kesehatan>. Tanggal akses: 23 Maret 2016.
- <https://sumut.bps.go.id/backend/pdf/publikasi/Sumatera-Utara-Dalam-Angka-2015.pdf>.  
Tanggal akses: 5 April 2016.
- Maulana, U. 2015. *Alat Ukur Kualitas Udara Menggunakan Sensor Gas MQ-135 Berbasis Mikrokontroler ATmega16A*. Jurnal Universitas Sumatera Utara, PP. 5 - 7.
- Republik Indonesia, 1997, *Undang-Undang Nomor 23 Mengenai Pencemaran Udara*, Jakarta: Sekretariat Jakarta
- Republik Indonesia, 1999, *Undang-Undang Nomor 41 Mengenai Pengendalian Pencemaran Udara*, Jakarta: Sekretariat Jakarta.
- Republik Indonesia, 2002, *Undang-Undang Nomor 1407 Mengenai Pedoman Pengendalian Dampak Pencemaran Udara*, Jakarta: Sekretariat Jakarta.
- Sampurna. 1996. *World Wide Web*. Jakarta: Andi.
- SmithAlan, G. 2011. *Introduction to Arduino*.  
[www.introtoarduino.com](http://www.introtoarduino.com).
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Cetakan Keempat. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Yani, S. A. 2009. *Suhu Udara*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jawa Tengah