

***PERANCANGAN SISTEM INSTRUMENTASI PENGUKURAN
PARTIKULAT METER JARAK JAUH MENGGUNAKAN SISTEM
WIRELESS DAN ACCESS INTERNET***

(Skripsi)

Oleh
Ma'sum Ansori



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

Perancangan Sistem Instrumentasi Pengukuran Partikulat Meter Jarak Jauh Menggunakan Sistem Wireless Dan Access Internet

Oleh

Ma'sum Ansori

Sistem monitoring data partikulat meter dikendalikan oleh Arduino mega dan pengujian alat dilakukan menggunakan HAVS TE-6000 series. Alat pengukuran partikulat meter yang dirancang pada penelitian memiliki nilai resolusi partikel sensor diameter 1.0 μm . Pengukuran data partikulat meter dilakukan diperumahan Griya Gedong Meneng Indah, Rajabasa Bandar Lampung. Pengambilan data dilakukan selama rentan waktu 24 jam dengan pengiriman data partikulat meter setiap 3 detik. Sistem interfacing penelitian dibangun menggunakan aplikasi *PHP* yang telah berhasil menghubungkan *hardware* dengan PC sehingga data hasil pengukuran dapat disimpan dalam *database* MySQL. Data pengukuran partikulat meter menggunakan koneksi internet sehingga data bisa diakses client jarak jauh.

Kata Kunci: Arduino Mega, HAVS TE-6000 Series, Partikulat Meter.

ABSTRACT

Instrumentation System Design of Remote Particulate Meter Measurement by Using Wireless System and Internet Access.

Oleh

Ma'sum Ansori

Particulate meter data monitoring system was controlled by the Arduino Mega and testing tools was done by using HAVS TE-6000 series. The design of Particulate meter measurement tools in this study had a score sensor resolution to measure particle 1.0 μm in diameter. Particulate meter data measurement was done in Griya Gedong Meneng Indah, Rajabasa Bandar Lampung. Data was collected for 24 hours by sending particulate meter data every 3 seconds. The interfacing systems in this study was built by using PHP application that had been successfully connecting the hardware to PC so that the measurement data can be stored in the MySQL database. Particulate meter measurement data was displayed by using an internet connection so that data can be accessed by the client in a distance.

Keywords: *Arduino Mega, HAVS TE-6000 series, Particulate meter.*

***PERANCANGAN SISTEM INSTRUMENTASI PENGUKURAN
PARTIKULAT METER JARAK JAUH MENGGUNAKAN SISTEM
WIRELESS DAN ACCESS INTERNET***

Oleh

MA'SUM ANSORI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi

**: PERANCANGAN SISTEM INSTRUMENTASI
PENGUKURAN METER JARAK JAUH MENGGUNAKAN
SISTEM WIRELESS DAN ACCESS INTERNET**

Nama Mahasiswa

: Ma'sum Ansori

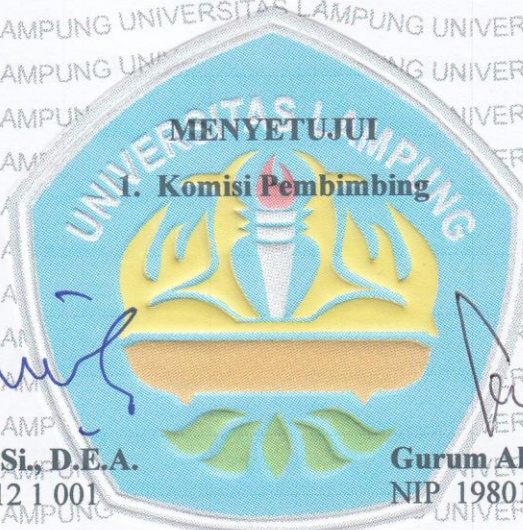
Nomor Pokok Mahasiswa : 1217041031

Jurusan

: Fisika

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.
NIP.19710212.199512.1.001

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 19801010.200501.1.002

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

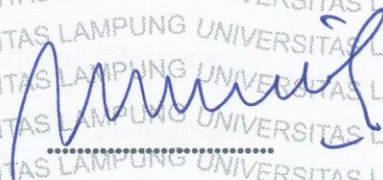
Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 19710909.200012.1.001

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

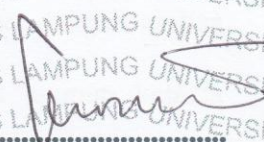
Ketua

: Prof. Dr. Warsito, S.Si, D.E.A.



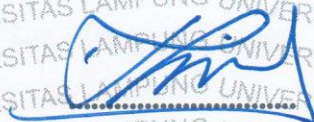
Sekretaris

: Gurum Ahmad Pauzi, S.Si, M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Drs. Amir Supriyanto, M.Si.



2. **Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Prof. Dr. Warsito, S.Si, D.E.A.

NIP. 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Februari 2016


PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini yang berjudul “Perancangan Sistem Instrumentasi Pengukuran Partikulat Meter Jarak Jauh Menggunakan Sistem *Wireless* Dan *Access* Internet” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang telah diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 16 Februari 2017




Ma'sum Ansori
NPM. 1217041031

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Margamulya Kec. Bumi Agung Kab. Lampung Timur pada tanggal 02 Januari 1994, anak ketiga dari 3 bersaudara pasangan Bapak Tuwuh dan Ibu Siti Nur Khasanah. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Margamulya tahun 2006, MTs Ma'arif NU 5 Sekampung tahun 2009 dan MA Ma'arif NU 5 Sekampung tahun 2012.

Pada tahun 2012 penulis masuk dan terdaftar sebagai mahasiswa di Universitas Lampung melalui jalur undangan SNMPTN dan mendapatkan beasiswa BIDIKMISI. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi kampus antara lain sebagai Garuda BEM FMIPA dan NATURAL FMIPA Unila pada tahun 2012/2013, Anggota Bidang Kajian ROIS FMIPA Unila tahun 2013/2014, Anggota Bidang SAINTEK HIMAFI FMIPA Unila tahun 2013/2014, Kepala Bidang SAINTEK PIC Instrumentasi FMIPA Unila pada tahun 2014/2015.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di BARISTAND Bandar Lampung, dan melaksanakan Kerja Kuliah Nyata (KKN) di Desa Kehuripan Kec. Banjar Baru Kab. Tulang Bawang. Penulis juga aktif sebagai asisten praktikum dalam berbagai mata kuliah Instrumentasi.

MOTTO

*Tidak akan berhenti sampai hari ini,
yakin hari esok akan lebih baik.*

(Ansori)

*Janganlah takut untuk melangkah, karena jarak 1000 mil
dimulai dengan langkah pertama*

*Jadilah seperti karang di lautan yang selalu kuat meskipun
terus dihantam ombak dan lakukanlah hal yang
bermanfaat untuk diri sendiri dan juga untuk orang lain,
karena hidup tidak abadi.*

*Tidak ada manusia yang diciptakan gagal, yang ada
hanyalah mereka yang gagal memahami potensi diri dan
gagal merancang kesuksesannya. Tidak ada yang lebih berat
timbangan Allah pada hari akhir nanti, selain Taqwa dan
Akhlaq mulia seperti wajah dipenuhi senyum untuk
kebaikan dan tidak menyakiti sesama*

(HR Tirmidzi)

**Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT,
Aku persembahkan karya ini untuk orang-orang yang
ku cintai dan ku sayangi karena Allah SWT**

Kedua Orang Tua dan Keluarga

*Terima kasih atas segala Do'a dan pengorbanan yang telah diberikan
hingga aku mampu menyelesaikan pendidikan S1.*

Bapak-Ibu guru serta Bapak-Ibu dosen

*Terima kasih atas bekal ilmu pengetahuan dan budi pekerti yang telah
membuka hati dan wawasan ku*

Para sahabat dan teman-teman seperjuangan

Terima kasih atas kebaikan kalian dan kebersamaan yang kita lalui

dan

Almamaterku tercinta
Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahim,

Segala puji hanya bagi Allah SWT berkat rahmat dan hidayah Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Sistem Instrumentasi Pengukuran Partikulat Meter Jarak Jauh Menggunakan Sistem Wireless Dan Access Internet” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di bidang keahlian Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Skripsi ini dilaksanakan dari bulan Juli 2016 sampai Agustus 2016 bertempat di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penekanan skripsi ini adalah dihasilkannya sebuah alat yang mampu menghasilkan alat pengukur partikulat meter secara *rielttime* dan online.

Penulis menyadari dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menuju suatu yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi kita semua.

Bandar Lampung, 16 Februari 2017

Penulis

SANWACANA

Alhamdulillah, penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik berkat dorongan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku, bapak dan ibu yang selalu memberikan motivasi dan do'a.
2. Bapak Prof. Dr. Warsito, D.E.A selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta nasehat untuk menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Pembimbing II yang senantiasa memberikan masukan-masukan serta nasehat untuk menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si.selaku Penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberika kritik dan saran selama penulisan skripsi.
5. Bapak Dr. Junaidi, S.Si. M.Sc. selaku Pembimbing Akademik yang telah membantu dan memberikan nasehat sampai dengan menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Fisika dan Seluruh Dosen serta Staf Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Manfaat Penelitian	4
D. Batasan Masalah	4
E. Rumusan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Penelitian Terkait	5
B. Pencemaran Udara	7

C. Sumber Pencemaran Udara	8
D. Bahan Pencemar dan Dampaknya	13
E. <i>Partikel</i>	15
F. Akuisisi Data	20
1. Arduino	20
2. Wireless	22
3. <i>Sensor ZH03A</i>	22
4. Pengertian Website	23
G. MySQL	24
H. HMTL	25
I. PHP	26
J. Web Server	28
K. Adobe Dreamweaver CS4.....	29
L. Web Browser	30

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian	32
B. Alat dan Bahan	32
C. Prosedur Penelitian	33
1. Diagram Alir Penelitian	33
2. Perancangan Sistem	34
3. Sensor Laser dust ZH03A.....	35
4. Pembuatan Web	36
5. Rancangan Data Hasil Penelitian	37

IV. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian.....	38
B. Pembahasan.....	41
1. Analisis perangkat keras (<i>Hardware</i>)	41
a. Cara kerja sensor.....	41
2. Analisis perangkat lunak (<i>Software</i>)	41

a. Program mikrokontroler.....	49
b. Program interfacing computer.....	45
c. Program website.....	49
3. Analisis sistem keseluruhan	52
V. KESIMPULAN	
A. Kesimpulan.....	61
B. Saran	62

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1	Memprakirakan Dampak Lingkungan Kualitas Udara	9
2.2	Arduino dan Program	21
2.3	MySQL	24
3.1	Diagram Alir Penelitian	34
3.2	Rancangan umum sistem	35
3.3	Rangkaian sensor Lasert Dust ZH03A	36
3.4	Rangkaian Elektronik Partikulat Meter	36
4.1	Hardware Partikulat	38
4.2	Hardware Partikulat	38
4.3	Perangkat Keseluruhan	40
4.4	Struktur Database MySQL	46
4.5	Tampilan Program <i>Interface</i> Komputer	46
4.6	Hasil Runing Program <i>Interface</i>	50
4.7	Halaman Home Website	51
4.8	Halaman data Grafik	51
4.9	Halaman Data Tabel	52
4.10	Grafik Validasi hubungan waktu terhadap PM _{2,5}	54
4.11	Grafik Validasi hubungan waktu terhadap PM ₁₀	55
4.12	Grafik Validasi hubungan waktu terhadap PM ₁	57
4.13	Grafik Validasi hubungan waktu terhadap PM _{2,5}	57
4.14	Grafik Validasi hubungan waktu terhadap PM ₁₀	58
4.15	Grafik Validasi hubungan waktu terhadap AQIndex	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Sumber Bahan Pencemaran yang Menghasilkan Bahan Pencemaran Udara	45
2.2. Toksisitas Polutan Udara	12
3.1 Data hasil penelitian	36
4.1 Data Pengukuran Partikulat Meter didaerah Perumahan Griya Gedong Meneng	56

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sarana transportasi saat ini sangat dibutuhkan bagi masyarakat yang melakukan aktivitas perjalanan di luar rumah. Kebutuhan sarana transportasi tersebut memacu laju pertumbuhan kendaraan bermotor yang semakin meningkat, sehingga konsumsi bahan bakar juga mengalami peningkatan yang berujung pada bertambahnya jumlah pencemaran yang dilepaskan ke udara. Semua kendaraan bermotor yang dioperasikan akan mengeluarkan gas buang. Gas buang yang dilepaskan bebas ke atmosfer akan bercampur dengan udara segar. Dalam gas buang terkandung bahan yang berbahaya bagi kesehatan dan mencemarkan udara segar yang ada di atmosfer. Dampak terhadap kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara akan terakumulasi dari hari ke hari, dalam jangka waktu lama apabila melebihi ambang batas yang ditentukan akan berakibat pada berbagai gangguan kesehatan pada manusia, seperti *bronchitis*, *emphysema*, dan kanker paru-paru serta gangguan kesehatan lainnya.

Udara mempunyai arti yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup dan keberadaan benda lainnya. Sehingga udara merupakan sumber daya alam yang harus dilindungi untuk kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Polusi udara akibat dari peningkatan penggunaan jumlah kendaraan bermotor yang mengeluarkan gas-gas berbahaya akan sangat mendukung terjadinya pencemaran udara dan salah satu akibatnya adalah adanya pemanasan

global. Pencemaran udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti.

Partikulat adalah padatan atau liquid di udara dalam bentuk asap, debu, dan uap yang dapat tinggal di atmosfer dalam waktu yang lama. Di samping mengganggu estetika, partikel berukuran kecil di udara dapat terhisap ke dalam sistem pernafasan dan dapat menyebabkan penyakit gangguan pernafasan dan kerusakan paru-paru. Partikulat juga merupakan sumber utama haze (kabut asap) yang menurunkan visibilitas. Partikel yang terhisap ke dalam sistem pernafasan akan disisihkan tergantung dari diameternya. Partikel berukuran besar akan tertahan pada saluran pernafasan atas, sedangkan partikel kecil (*inhalable*) akan masuk ke paru-paru dan bertahan di dalam tubuh dalam waktu yang lama.

Partikel *inhalable* adalah partikel dengan diameter di bawah 10 μm (PM10) dan kurang dari 2,5 μm didalam rumah (PM2,5) diyakini oleh para pakar lingkungan dan kesehatan masyarakat sebagai pemicu timbulnya infeksi pernafasan, karena partikel padat PM10 dan PM2,5 dapat mengendap pada saluran pernafasan daerah bronki dan alveoli. Bahan partikel PM10 dapat terdeposisi diluar rumah dan PM2,5 didalam rumah, karena pengaruh angin. PM10 diketahui dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dan pernafasan, pada konsentrasi 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat memperparah kondisi penderita bronkhitis. Toksisitas dari partikel *inhalable* tergantung dari komposisinya.

Untuk mengontrol akan kualitas udara diperlukan sebuah alat yang dapat mengukur banyaknya bahan partikulat dalam gas kendaraan, sehingga kita dapat mengetahui kendaraan yang mengeluarkan bahan partikulat yang melewati batas maksimumnya. Pada penelitian ini tidak menggunakan mikrokontroler sebagai pengendalinya. Alat yang dirancang ini dapat mengukur kadar *Particulate Matter* (PM10) dan *Particulate Matter* (PM2,5) dengan jarak jauh menggunakan sistem wireless dan akses internet sebagai bagian akuisisi datanya. Hasil yang diharapkan adalah sebuah alat ukur kadar *particulate matter* PM10 dan PM2,5 dilingkungan perkotaan yang padat transportasinya secara realtime berbasis cloud computing yang mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat. Perubahan tegangan yang didapat dari keluaran alat ukur akan dibandingkan dengan perubahan massa yang terukur dengan menggunakan kertas gravimetric. Sehingga dapat ditarik suatu hubungan antara perubahan massa dengan tegangan yang didapat dari alat ukur tersebut. Pentingnya pemantauan lingkungan PM10 dan PM25 memanfaatkan web dan seluler sebagai sarana informasi data secara langsung dan realtime dengan serial IP.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang sebuah sistem elektronika yang mampu mengukur kadar *Particulate Matter* (PM) dalam gas buang kendaraan?
2. Bagaimana hubungan perubahan tegangan dengan penambahan massa PM10 dan PM2,5?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat perancangan sistem instrumentasi pengukuran partikulat meter jarak jauh menggunakan sistem wireless dan access internet.
2. Membandingkan akurasi hasil pengukuran menggunakan alat dengan metode konvensional secara manual.
3. Membuat alat yang dapat diakses secara langsung menggunakan jaringan internet.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tersedianya sistem instrumentasi pengukuran partikulat meter jarak jauh menggunakan sistem wireless dan access internet.
2. Diketuainya kadar PM10 dan PM2,5 pada udara ambien di lingkungan.
3. Diketuainya perubahan PM10 dan PM2,5 yang terukur secara realtime dengan interfal waktu yang dapat ditentukan.

E. Batasan Masalah

Berikut beberapa batasan masalah pada penelitian.

1. Komunikasi data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan internet.
2. Pengambilan data dilakukan di dua titik pada waktu siang sampai malam hari secara realtime berbasis cloud computing.
3. PM yang diukur berasal dari gas buang kendaraan yang akan diukur menggunakan sensor Laser Dust ZH03A.
4. Pembahasan tentang prinsip kerja secara umum.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Penelitian tentang pengukuran partikulat meter telah dilakukan oleh Richa Wilyusdinik (2012) yaitu Realisasi Alat Ukur Particulate Matter (PM) Gas Buang Kendaraan Bermotor Menggunakan Sensor Fotodioda. Dalam realisasi alat ukur partikulat matter (PM) digunakan sensor intensitas cahaya untuk mendeteksi perubahan fisis ke bentuk tegangan. Sensor terdiri atas LED dan fotodioda yang terpisah dengan jarak 0,5 cm dan tegangan keluarannya diperkuat oleh op-amp 741. Proses pengambilan data PM dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran dari kertas GF/A yang telah menampung PM dari gas buang kendaraan dengan waktu yang telah ditentukan (5 menit, 7 menit, 10 menit, 12 menit dan 15 menit). Pengambilan data dengan variasi waktu menunjukkan peningkatan masa PM juga menunjukkan keterbatasan kondisi kertas GF/A yang mudah rusak/robek ketika pengambilan data dilakukan lebih dari 15 menit. Sedangkan variasi jenis kendaraan menunjukkan jenis kendaraan 2 tak cenderung lebih tinggi disbanding dengan kendaraan 4 tak dengan perubahan selisih tegangan antara 0,014 – 0,090 volt serta kendaraan berbahan bakar solar lebih tinggi disbanding kendaraan berbahan bakar premium dengan perubahan selisih tegangan antara 0,034–0,080 volt.

Penelitian tentang penggunaan *internet* baik sebagai sistem *monitoring* maupun sebagai sistem kontrol jarak jauh sudah banyak dilakukan salah satunya yang dilakukan oleh Mera Kartika Delimayanti dan Iwa Sudrajat (2008), berupa rancang bangun sistem *monitoring* dan pengontrolan ketinggian air berbasis *web*. Sistem ini terdiri dari sebuah jaringan yang terdapat *unit* kontrol/*Local Control Unit* (LCU) berbasis mikrokontroler AT89S52, komputer *server*, dan komputer *client* sebagai terminal. Dalam *unit* LCU terdapat sensor ultrasonik yang mendeteksi ketinggian air. Data pembacaan sensor tersimpan dalam basis data komputer *server* dalam sebuah jaringan terdistribusi. Pengontrolan dan *monitoring* sistem dapat dilakukan memanfaatkan aplikasi perangkat lunak berbasis *web* di *client* maupun di *server* dengan tampilan yang interaktif. Aplikasi berbasis *web* dibuat dengan PHP sebagai *middleware*, MySQL sebagai RDBMS dan Apache pada *web server* yang bekerja dalam jaringan *Internet*. Autentikasi pengguna digunakan untuk membatasi kewenangan *client* yang berhak melakukan pengontrolan, sedangkan fungsi *monitoring* dapat dilihat oleh setiap *client* dan ditampilkan sesuai dengan keadaan *real-time*. Sistem pengamanan lain yang digunakan ialah *firewall* pada komputer *server* dan data dapat di *back-up* didalam dokumen .pdf untuk mengetahui data aktifitas pengontrolan dan *monitoring* dalam periode tertentu.

Riyanto dan Rama Okta Wiyagi (2011) membuat sistem *monitoring* suhu berbasis *web* dengan menggunakan EZ430 yang digunakan untuk memantau suhu suatu ruangan *server*. Sistem ini terdiri atas perangkat keras yaitu sebuah sensor node EZ430 yang menghasilkan keluaran data suhu analog yang kemudian oleh node EZ430 data akan dikonversi menjadi data digital sebagai masukan data suhu

ke RF *access point*. Data akan dikirimkan secara serial dan di simpan pada *database server*. Seluruh proses komunikasi data ditangani oleh perangkat lunak pada node EZ430 yang menggunakan bahasa assembly read51 dan untuk *interface converter* menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic sebagai kontrol *visual* dan tampilan data secara berkala menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *database MySQL*. Sistem *monitoring* suhu ruangan dapat memantau suhu ruangan *server* serta mentransmisikan data perubahan suhu ruangan yang ditampilkan melalui aplikasi *web*.

Ary Prabowo Nurmansah (2012), merancang sebuah sistem untuk *monitoring* data ketinggian permukaan air sungai yang berasal dari dua buah sensor secara *real time* berbasis *web*. Proses pemasukan data ketinggian air ke PC *server* dilakukan dengan mengubah data serial dari hasil *interfacing* menjadi data digital (USB) yang masuk PC *server* pada *port* USB menggunakan konverter USB to RS232. Data yang masuk akan dibaca dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6.0, selanjutnya data akan disimpan kedalam *database MySQL*. Selanjutnya program PHP akan membaca data dan mengolahnya menjadi sebuah grafik secara *real time* setiap 5 detik. Didalam sistem ini terdapat tingkatan status dari ketinggian air yang meliputi aman (0 cm - 209 cm), waspada (210 cm - 239 cm) dan awas (240 cm - 270 cm).

B. Pencemaran Udara

Pencemaran udara merupakan kondisi terjadinya perubahan (pengurangan atau penambahan komposisi udara) dibandingkan keadaan normal dalam waktu, tempat dan konsentrasi tertentu sedemikian rupa sehingga membahayakan

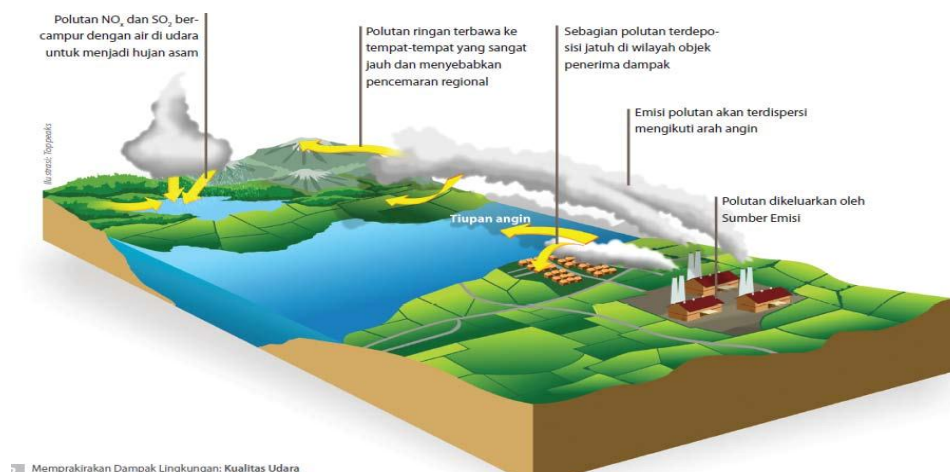
kehidupan dan kesehatan masyarakat. Menurut PP No. 41 Tahun 1999, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pencemaran udara dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda tingkatan dan jenisnya, tergantung dari macam, ukuran dan komposisi kimianya. Gangguan tersebut terutama terjadi pada fungsi faal dari organ tubuh seperti paru-paru dan pembuluh darah, iritasi pada mata dan kulit. Pencemaran udara karena partikel debu biasanya menyebabkan penyakit pernapasan seperti bronkhitis, asma, kanker paru-paru. Gas pencemar yang terlarut dalam udara dapat langsung masuk ke dalam paru-paru dan selanjutnya diserap oleh sistem peredaran darah (Kemenlh, 2007).

C. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami (natural) dan aktivitas manusia (kegiatan antropogenik). Sumber pencemaran alami adalah letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu spora tumbuhan dan lain sebagainya sedangkan pencemaran udara aktivitas manusia secara kuantitatif sering lebih besar seperti transportasi, industri, pertambangan dari sampah baik akibat dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga (Soedomo, 2001).

Sumber polusi utama berasal dari transportasi di mana hampir 60 % dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15 % terdiri dari hidrokarbon. Sumber-sumber polusi lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain (Fardiaz, 2003).

Polutan primer yang diemisikan oleh suatu sumber emisi akan mengalami berbagai reaksi fisik dan kimia dengan adanya faktor meteorologi seperti sinar matahari, kelembaban dan temperatur. Berbagai reaksi yang terjadi juga dapat menyebabkan terbentuknya beberapa jenis polutan sekunder (lihat gambar 2.1). Akibat dorongan angin, polutan akan terdispersi (tersebar) mengikuti arah angin tersebut. Sebagian polutan dalam perjalanannya dapat terdeposisi (*deposited*) atau mengendap ke permukaan tanah, air, bangunan, dan tanaman. Sebagian lainnya akan tetap tersuspensi (*suspended*) di udara. Seluruh kejadian tersebut akan mempengaruhi konsentrasi polutan-polutan diudara ambien atau dengan kata lain mengubah kualitas udara ambien (Kemenlh, 2007).



Gambar 2.1. Memprakirakan Dampak Lingkungan Kualitas Udara (*Sumber: Kemenlh, 2007*)

Didaerah perkotaan dan industri, parameter bahan pencemar yang perlu diperhatikan dalam hubungannya dengan penyakit saluran pernapasan adalah parameter gas SO₂, gas CO, gas NO₂ dan partikel debu (Holzworth & Cormick, 1976:690). Sumber bahan pencemar udara menentukan jenis bahan pencemarnya. Hal ini dapat terlihat pada table 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1. Sumber Bahan Pencemar yang Menghasilkan Bahan Pencemar Udara

Sumber Pencemar		Bahan Pencemar					
		HC	CO ₂	CO	SO ₂	NO	NO ₂
Sumber Stasioner	Proses Industri	+	+	+	+	+	+
Sampah Padat		+	+	+	+	+	+
Pembakaran Sisa Pertanian		+	+	+	-	+	+
Transportasi		+	+	+	+	+	+
Bahan Bakar minyak	Bahan bakar gas	-	+	-	-	-	-
alam Bahan bakar kayu	Insinerator	-	+	-	-	+	+
Kebakaran hutan		+	+	+	-	+	+

Sumber: Urone (1976); NadaKavukaren (1986); Esmem (1989); Graedel & Crutzen (1989); Masters (1991) dalam Mukono (1997)

Keterangan: + = menghasilkan, - = tidak menghasilkan

Pencemar udara primer adalah semua pencemar yang langsung dilepas oleh sumber dan belum mengalami perubahan. Pencemar udara primer mencakup sekitar 90 % dari jumlah polutan udara seluruhnya. Pencemar udara sekunder adalah pencemar udara primer yang mengalami perubahan di udara akibat reaksi fotokimia atau oksida katalis dengan adanya faktor meteorology, seperti sinar matahari, kelembaban dan temperatur. Akibat dorongan angin, polutan akan terdispersi (tersebar) mengikuti arah angin tersebut. Sebagian polutan dalam perjalanannya dapat terdeposisi (*deposited*) atau mengendap ke permukaan tanah, air, bangunan, dan tanaman. Sebagian lainnya akan tetap tersuspensi (*suspended*) diudara. Seluruh kejadian tersebut akan mempengaruhi konsentrasi pencemar diudara ambien sehingga mengubah kualitas udara ambien. Bahan pencemar udara atau polutan dibagi menjadi dua bagian (Mukono,1997):

1. Polutan Primer

Polutan primer adalah polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu dan dapat berupa:

a. Gas, terdiri dari :

- Senyawa karbon, yaitu hidrokarbon, hidrokarbon teroksigenasi dan karbon oksida (CO atau CO₂)
- Senyawa sulfur, yaitu sulfur oksida
- Senyawa nitrogen, yaitu nitrogen oksida dan amoniak
- Senyawa halogen, yaitu fluor, klorin, hydrogen klorida, hidrokarbon terklorinasi dan bromin.

b. Partikel

Partikel dalam atmosfer mempunyai karakteristik spesifik, dapat berupa zat padat pun suspensi aerosol cair. Bahan partikel tersebut dapat berasal dari proses kondensasi, proses disperse misalnya proses menyemprot (*spraying*), maupun proses erosi bahan tertentu. Asap (*smoke*) seringkali dipakai untuk menunjukkan campuran bahan partikulat (*particulate matter*), uap (*fumes*), gas dan kabut (*mist*). Adapun yang dimaksud dengan:

- Asap adalah partikel karbon yang sangat halus (sering disebut sebagai jelaga) dan merupakan hasil dari pembakaran yang tidak sempurna.
- Debu adalah partikel padat yang dapat dihasilkan oleh manusia atau alam dan merupakan hasil dari proses pemecahan suatu bahan.
- Uap adalah partikel bentuk gas yang merupakan hasil dari proses

sublimasi, distilasi atau reaksi kimia

- Kabut adalah partikel cair dari reaksi kimia dan kondensasi uap air.

2. Polutan Sekunder

Polutan sekunder biasanya terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia dari udara, misalnya reaksi fotokimia. Sebagai contoh adalah disosiasi NO₂ yang menghasilkan N dan O radikal. Proses kecepatan dan arah reaksinya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- Konsentrasi relatif dari bahan reaktan
- Derajat fotoaktivasi
- Kondisi iklim
- Topografi lokal dan adanya embun

Polutan sekunder ini mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil. Termasuk dalam polutan sekunder ini adalah ozon, *Peroxy Acyl Nitrat (PAN)* dan *Formaldehid*. Toksisitas polutan tersebut berbeda-beda. Pada table 2.2. menyajikan toksisitas relative masing-masing polutan tersebut. Polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel, diikuti berturut-turut oleh NO_x, SO_x, Hidrokarbon dan yang paling rendah toksisitasnya adalah Karbon Monoksida (CO).

Tabel 2.2. Toksisitas Polutan Udara

Polutan	Level Toleransi		Toksisitas Relatif
	Ppm	µg/m ³	
CO	32,0	40000	1.00
HC	-	19300	2.07
Sox	0.50	1430	28.0
NOx	0.25	514	77.8
Partikel	-	375	106.7

Sumber: Babcock (1971) dalam Fardiaz (2003)

D. Bahan Pencemar dan Dampaknya

Dampak pencemaran udara saat ini merupakan masalah serius yang dihadapi oleh Negara-Negara Industri. Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran udara ternyata sangat merugikan sebab tidak hanya mempunyai akibat langsung terhadap kesehatan manusia tetapi juga dapat merusak lingkungan seperti hewan, tanaman, bangunan gedung dan lain sebagainya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Amerika pada tahun 1980, kematian yang disebabkan oleh pencemaran udara mencapai angka kurang lebih 51.000 orang. Menurut para ahli pada sekitar tahun 2000 an kematian yang disebabkan oleh pencemaran akan mencapai angka 57.000 orang pertahunnya. Selain itu kerugian materi yang disebabkan oleh pencemaran udara apabila dikur dengan uang dapat mencapai sekitar 12-16 juta US dolla pertahun (Wardhana, 2004).

Dampak emisi udara bergantung pada jenis pencemar, ciri pelepasannya serta sifat lingkungan sipenerima. Partikulat dan berbagai emisi gas harus dikendalikan mengingat keduanya dapat membahayakan kesehatan pribadi atau kesehatan flora dan fauna lingkungan, menimbulkan kekhawatiran diantara masyarakat setempat, membahayakan operasi yang aman atau untuk debu, meningkatkan tingkat keausan mesin yang bergerak. Debu serta bau bisa mengganggu dan menimbulkan keluhan. Kualitas udara dipengaruhi oleh konsentrasi sejumlah besar zat yang mungkin ada, beberapa terjadi secara alami dan lainnya karena kegiatan manusia. Pencemar yang dikeluarkan dari penambangan dan kegiatan terkait terdiri dari gas dan partikel primer (misalnya debu). Partikel sekunder terbentuk di atmosfer karena reaksi yang melibatkan pencemar utama nonpartikel, contohnya pembentukan dalam kepulan dari

partikel sulfat dari emisi sulfur dioksida. Bahan pencemar partikulat diudara berupa partikel padat debu, suspensi, cairan berupa kabut, lahan, debu Pb, debu asbes dan tetesan asam sulfat yang menyebabkan kurangnya daya pandang dan menyerap sinar matahari. Partikulat ini menyebabkan korosi terhadap alat dan mesin dunia industri, terjadinya erosi gedung-gedung dan gangguan saluran pernapasan manusia. Partikulat yang dihasilkan oleh industri kendaraan bermotor dapat memberi dampak negatif terhadap kesehatan manusia seperti bronchitis (Suharto, 2011).

Berubahnya kualitas udara akan menyebabkan timbulnya beberapa dampak lanjutan, baik terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya, aspek estetika udara, keutuhan bangunan, dan lainnya. Dalam bidang kesehatan, udara yang tercemar dapat menimbulkan insiden penyakit saluran pernapasan meningkat seperti Infeksi saluran Pernafasan Akut (ISPA), TBC, memperberat penderita penyakit jantung dan asma, meningkatkan kasus alergi bagi yang hipersensitif terhadap polutan tertentu dan meningkatkan kasus kanker terutama kanker paru.

Tumbuhan di daerah berkualitas udara buruk dapat mengalami berbagai jenis penyakit. Hujan asam menyebabkan daun memiliki bintik-bintik kuning. Hujan asam akan menurunkan pH air sehingga kemudian meningkatkan kelarutan logam berat misalnya merkuri (Hg) dan seng (Zn). Akibatnya, tingkat bioakumulasi logam berat di hewan air bertambah. Penurunan pH juga akan menyebabkan hilangnya tumbuhan air dan mikroalga yang sensitif terhadap asam. Beberapa contoh gangguan estetika udara ambien adalah bau tidak enak, debu-debu beterbangan dan udara berkabut. Bau tidak enak dapat ditimbulkan oleh

emisi gas-gas sulfida, amoniak, dan lainnya. Udara berasap kabut (asbut) atau *smoke and fog (smog)* akan mengurangi jarak pandang (*visibility*) kita. Hal ini sangat membahayakan keselamatan pengendara mobil dan motor, selain juga keselamatan penerbangan. *Smog* atau asbut umumnya disebabkan oleh adanya reaksi fotokimia dari senyawa organik volatil (VOC atau *volatile organic compounds*) dengan NO_x.

Akumulasi CO₂, metana, dan N₂O dapat membentuk lapisan tipis ditroposfir. Pantulan panas matahari akan terhambat sehingga suhu bumi pun meningkat (*global warming*). Senyawa *chlorofluorocarbon* (CFC) dapat menjangkau lapisan stratosfer dan memecah molekul-molekul ozon. Kerusakan lapisan ozon di stratosfer menyebabkan sinar UV-B matahari tidak terfilter dan masuk ke permukaan bumi sehingga dapat mengakibatkan kanker kulit pada manusia yang terpapar sinar itu.

Dampak terhadap kondisi iklim umumnya digolongkan sebagai dampak skala makro. Jangkauannya mencapai ribuan kilometer lebih. Dampak skala makro umumnya disebabkan oleh unsur-unsur polutan yang relative stabil, seperti CO₂, metana, dan CFC. Dampak terhadap kesehatan manusia, aspek estetika, dan keutuhan bangunan umumnya terjadi dalam skala mikro dan skala meso yang jangkauan dampaknya dapat mencapai ratusan kilometer.

E. Partikel

a. Sifat dan Karakteristik

Partikel didefinisikan sebagai partikel-partikel kecil yang berasal dari padatan maupun cairan yang tersuspensi dalam gas (udara). Partikel padatan atau cairan ini umumnya merupakan campuran dari beberapa materi organik dan

non organik seperti asam (partikel nitra atau sulfat), logam ataupun partikel debu dan tanah. Beberapa partikel seperti debu, kotoran ataupun asap cukup besar dan cukup hitam untuk dapat dilihat oleh mata. Sementara beberapa partikel yang lain tidak dapat dilihat oleh mata telanjang melainkan harus melalui mikroskop electron. Ukuran partikel sangatlah penting untuk diketahui karena akan mempengaruhi dampak partikel tersebut terhadap manusia dan lingkungan. *Total Suspended Particulate* (TSP) adalah partikel berdiameter 100 mikrometer atau lebih kecil yang bersifat tersuspensi diudara. PM₁₀ adalah partikel yang berukuran 10 mikrometer atau lebih kecil sementara PM_{2.5} adalah partikel yang berukuran 2,5 mikrometer atau lebih kecil (Pussarpedal, 2011).

Berdasarkan uraian tersebut di atas maka partikel meliputi berbagai macam bentuk yang dapat berupa keadaan-keadadan berikut ini (Wardhana, 2004):

1. Aerosol adalah istilah umum yang menyataka adanya partikel yang terhambur dan melayang di udara.
2. Fog atau kabut adalah aerosol yang berupa butiran-butiran air yang berada di udara.
3. Smoke atau asap adalah aerosol yang berupa campuran antara butir padatan dan cairan yang terhambur melayang di udara.
4. Dust atau debu adalah aerosol yang berupa butiran padat yang terhambur dan melayang di udara karena adanya hembusan angin.
5. Mist artinya mirip dengan kabut. Penyebabnya adalah butiran-butiran zat cair yang terhambur dan melayang di udara.
6. Fume artinya mirip dengn asap hanya saja penyebabnya adalah aerosol yang berasal dari kondensasi uap panas (khususnya uap logam).

7. Plume adalah asap yang keluar dari cerobong asap suatu industri (pabrik).

8. Haze adalah setiap bentuk aerosol yang mengganggu pandangan di udara

Polutan partikel masuk kedalam tubuh manusia terutama melalui sistem pernafasan, oleh karena itu pengaruh yang merugikan langsung terutama terjadi pada sistem pernafasan. Faktor yang berpengaruh terhadap sistem pernafasan terutama adalah ukuran partikel karena ukuran partikel yang menentukan seberapa jauh penetrasi partikel ke dalam sistem pernafasan. Sistem pernafasan mempunyai beberapa sistem pertahanan (Fardiaz, 2003).

Partikel-partikel yang masuk dan tertinggal didalam paru-paru mungkin berbahaya bagi kesehatan karena 3 hal penting yaitu:

- 1) Partikel tersebut mungkin beracun karena sifat-sifat kimia dan fisiknya.
- 2) Partikel tersebut mungkin bersifat inert (tidak bereaksi) tetapi jika tertinggal didalam saluran pernafasan dapat mengganggu pembersihan bahan- bahan lain yang berbahaya.
- 3) Partikel- partikel tersebut mungkin dapat membawa molekul- molekul gas yang berbahaya baik dengan cara mengabsorpsi atau mengadsorpsi, sehingga molekul-molekul gas tersebut dapat mencapai dan tertinggal di bagian paru-paru yang sensitif. Karbon merupakan partikel yang umum dengan kemampuan yang baik untuk mengabsorpsi molekul-molekul gas pada permukaannya.

Partikel berukuran ≤ 10 mikron menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan bagian atas dan menyebabkan iritasi. PM_{2.5} dapat menyebabkan dampak yang lebih berbahaya terhadap kesehatan bukan saja karena ukurannya yang memungkinkan untuk terhisap dan masuk lebih ke dalam sistem pernapasan

juga karena sifat kimiawinya. Partikel sulfat yang nitrat yang *inhalable* serta bersifat asam dan bereaksi langsung di dalam sistem pernapasan, menimbulkan dampak yang lebih berbahaya daripada partikel kecil yang tidak bersifat asam (Mukono, 2006).

Partikel sebagai pencemar udara mempunyai waktu hidup yaitu pada saat partikel masih melayang-layang sebagai pencemar udara sebelum jatuh ke bumi. Waktu hidup partikel berkisar sampai beberapa detik sampai beberapa bulan, sedangkan kecepatan pengendapannya tergantung pada ukuran partikel, masa jenis partikel serta arah dan kecepatan angin yang bertiup (Wardhana, 2004).

b. Dampak terhadap Kesehatan

Ukuran partikel memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan lokasi menetapnya partikel serta dampak yang ditimbulkan saat terhidap ke dalam paru-paru. Partikel yang cukup besar, misalnya yang termasuk pada TSP biasanya akan tersaring di hidung dan tenggorokan serta tidak menimbulkan efek yang berbahaya. Sementara partikel-partikel yang lebih kecil seperti PM₁₀ dan PM_{2.5} akan masuk lebih dalam ke sistem pernapasan manusia dan menyebabkan gangguan pernapasan. Beberapa penelitian menghubungkan antara paparan pencemar partikulat dan beberapa gangguan seperti berikut:

- Meningkatnya gejala gangguan pernapasan seperti iritasi, batuk-batuk dan kesulitan bernapas
- Menurunnya fungsi paru- paru
- Memperparah penyakit asma
- Menimbulkan bronchitis kronis

- Serangan jantung ringan
- Kematian dini bagi penderita penyakit jantung dan paru-paru

Partikel yang terhisap ke dalam sistem pernapasan akan disisihkan tergantung dari diameternya. Partikel berukuran besar akan tertahan pada saluran pernapasan atas, sedangkan partikel kecil (*inhalable*) akan masuk ke paru-paru dan bertahan di dalam tubuh dalam waktu yang lama. Partikel *inhalable* adalah partikel dengan diameter di bawah 10 μm (PM₁₀). PM₁₀ diketahui dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dan pernapasan, pada konsentrasi 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak, sementara pada konsentrasi 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat memperparah kondisi penderita *bronchitis*. Toksisitas dari partikel *inhalable* tergantung dari komposisinya. Partikel yang mengandung senyawa karbon dapat mempunyai efek karsinogenik atau menjadi carrier pencemar toksik lain yang berupa gas atau semi gas karena menempel pada permukaannya.

Partikel *inhalable* juga dapat merupakan partikel sekunder yaitu partikel yang terbentuk di atmosfer dari gas-gas hasil pembakaran yang mengalami reaksi fisik kimia di atmosfer, misalnya partikel sulfat dan nitrat yang terbentuk dari gas SO₂ dan NO_x. Partikel sulfat dan nitrat yang *inhalable* karena berukuran kecil serta bersifat asam akan bereaksi langsung di dalam sistem pernapasan menimbulkan dampak yang lebih berbahaya (Pussarpedal, 2011). Beberapa dampak yang disebabkan oleh PM₁₀ dan PM_{2.5} diantaranya adalah:

- Berkurangnya jarak pandang yang terutama disebabkan oleh PM_{2.5}
- Timbulnya kerusakan lingkungan akibat mengendapnya partikel yang

mengandung asam pada perairan-perairan, tanah serta hutan.

- Timbulnya kerusakan bangunan atau monemum yang akan mengganggu keindahan karena beberapa partikel yang mengandung asam mampu menghancurkan beberapa jenis material.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menghubungkan antara paparan polutan partikulat terespirasi dengan beberapa kejadian penyakit saluran pernafasan. Seperti yang dilakukan oleh Mutius *et al.* di Jerman Timur, bahwa peningkatan konsentrasi partikulat, SO₂, NO_x, serta kombinasi antara ketiganya di udara ambien berhubungan dengan peningkatan risiko anak-anak mengidap penyakit saluran pernafasan bagian atas dan asma.

F. Akuisisi Data

1. Arduino

Physical computing adalah membuat sebuah sistem atau perangkat fisik dengan menggunakan software dan hardware yang sifatnya interaktif yaitu dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan merespon balik. *Physical computing* adalah sebuah konsep untuk memahami hubungan yang manusiawi antara lingkungan yang sifat alaminya adalah analog dengan dunia digital. Pada prakteknya konsep ini diaplikasikan dalam desain-desain alat atau projek-projek yang menggunakan sensor dan *microcontroller* untuk menerjemahkan input analog ke dalam sistem software untuk mengontrol gerakan alat-alat elektro mekanik seperti lampu, motor dan sebagainya.

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama- tama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat

pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory* microcontroller. Ada banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah *platform* karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi.

Processing adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk menulis program di dalam arduino. *Processing* adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dialektanya sangat mirip dengan C++ dan Java, sehingga pengguna yang sudah terbiasa dengan kedua bahasa tersebut tidak akan menemui kesulitan dengan *Processing*. Bahasa pemrograman *processing* sungguh-sungguh sangat memudahkan dan mempercepat pembuatan sebuah program karena bahasa ini sangat mudah dipelajari dan diaplikasikan dibandingkan bahasa pemrograman tingkat rendah, seperti *Assembler* yang digunakan pada *platform* lain namun cukup sulit.



Gambar 2.2. Arduino dan program

Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. Hardware → papan input/ output (I/O)
2. Software → Software Arduino meliputi IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program (Djuandi Feri, 2011).

2. Wireless

Local Area Network (LAN) merupakan jaringan yang terbentuk dari gabungan beberapa computer yang tersambung melalui saluran fisik (kabel). Seiring dengan perkembangan teknologi serta kebutuhan untuk akses jaringan yang mobile (bergerak) yang tidak membutuhkan kabel sebagai media transmisi, maka muncullah *Wireless Local Area Network* (LAN/ WLAN).

Jaringan lokal tanpa kabel atau WLAN adalah suatu jaringan area lokal tanpa kabel dimana media transmisi menggunakan frekuensi radio (RF) dan infrared (IR), untuk memberi sebuah koneksi jaringan ke seluruh pengguna dalam area disekitarnya. Area jangkauannya dapat berjarak dari ruang kelas ke seluruh kampus atau dari kantor ke kantor yang lain dan berlainan gedung. Peranti yang umumnya digunakan untuk jaringan WLAN termasuk di dalamnya adalah PC, Laptop, PDA, telepon seluler, dan lain sebagainya. Teknologi WLAN ini memiliki kegunaan yang sangat banyak. Contohnya, pengguna mobile bisa menggunakan telepon seluler mereka untuk mengakses email (Rijal, 2010).

3. Sensor Laser Dust ZH03A

Sensor ZH03 Laser Debu adalah jenis sensor ukuran kecil, menggunakan prinsip hamburan laser untuk mendeteksi partikel debu di udara, dengan selektivitas yang baik dan stabilitas. Sangat mudah untuk digunakan, dengan

output UART & output analog. Sensor ini memiliki beberapa fitur diantaranya yaitu dengan tingkat errornya nol, realtime, data yang akurat, resolusi minus dari partikel berdiameter 1.0 μ m. Adapun aplikasi dari sensor ini banyak digunakan dalam instrumen portabel, peralatan pemantauan kualitas udara, pembersih udara, sistem ventilasi, AC, dan peralatan rumah pintar. Kemudian parameter teknik dari sensor ZH03A yaitu deteksi gas (PM1, PM2,5, PM10), output (UART output (3V ttl), PWM output), waktu respon ≤ 90 s, kelembapan (15%RH-80%RH), dimensi (50*32.4*21mm). Adapun bentuk dari sensor laser dust ZH03A adalah sebagai berikut



Gambar 2.3 sensor laser dust ZH03A (Winsen, 2016).

4. Pengertian Website

Website adalah kumpulan dari beberapa halaman *web* dimana informasi dalam bentuk teks, gambar, suara, dan lain-lain. Dipersentasikan dalam bentuk *hypertext* dan dapat diakses oleh perangkat lunak yang disebut dengan *browser*. Informasi pada sebuah *website* pada umumnya di tulis dalam format HTML. Informasi lainnya disajikan dalam bentuk grafis (GIF, JPG, PNG, dll), suara (AU, WAV, dll), dan objek multimedia lainnya (MIDI, *ShockwaveQuicktime Movie*, *3D World*, dll) (Kamal, 2014).

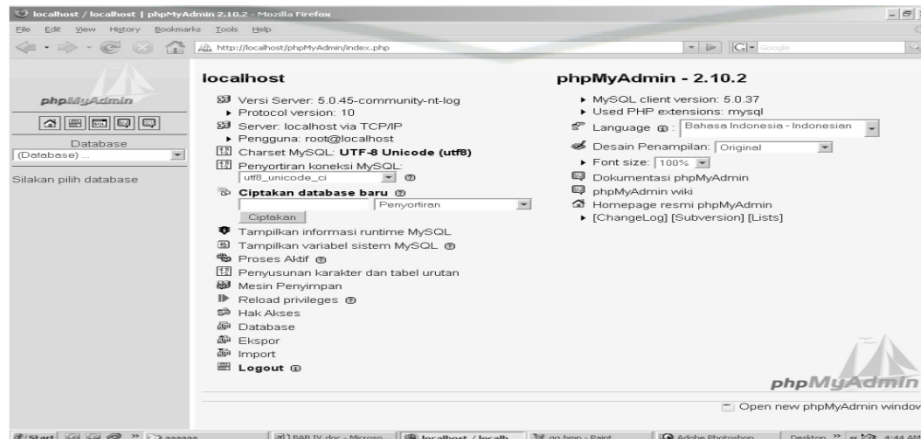
Website merupakan fasilitas internet yang menghubungkan dokumen dalam lingkup lokal maupun jarak jauh. Dokumen pada *website* disebut dengan *web page* dan *link* dalam *website* memungkinkan pengguna bisa berpindah dari satu *page* ke *page* lain (*hyper text*), baik diantara *page* yang disimpan dalam server yang sama maupun server diseluruh dunia. *Pages* diakses dan dibaca melalui *browser* seperti *Netscape Navigator* atau *Interne. Exploler* berbagai aplikasi *browser* lainnya (Hakim Lukmanul, 2004).

G. MySQL

MySQL (MY Structure Query Language) adalah salah satu *Basis Data Management System (DBMS)* dari sekian banyak *DBMS* seperti *Oracle, MS SQL, Postagre SQL, dan lainnya*. *MySQL* berfungsi untuk mengolah *Basis Data* menggunakan bahasa *SQL*. *MySQL* bersifat *open source* sehingga kita bisa menggunakannya secara gratis. *Pemrograman PHP* juga sangat mendukung atau mensupport dengan *Basis Data MySQL* (Anhar, 2010).

Sedangkan *MySQL* merupakan *Basis Data* yang paling digemari dikalangan programmer *web*, dengan alasan bahwa program ini merupakan *Basis Data* yang sangat kuat dan cukup stabil untuk digunakan sebagai media penyimpanan data (Sidik, 2004). Sebagai sebuah *Basis Data server* yang mampu untuk memenajemen *Basis Data* dengan baik, *MySQL* terhitung merupakan *Basis Data* yang paling digemari dan paling banyak digunakan dibanding *Basis Data* lainnya. Selain *MySQL* masih terdapat beberapa jenis *Basis Data server* yang juga memiliki kemampuan yang juga tidak bisa dianggap enteng, *Basis Data* itu

adalah *Oracle* dan *PostgreSQL* (Nugroho, 2005). Gambar 2.3 menunjukkan tampilan dari MySQL.



Gambar 2.4 MySQL (Jogiyanto dkk, 2005)

H. Hypertext Markup Language (HTML)

HTML adalah sebuah bahasa *markup* yang digunakan untuk membuat sebuah halaman web dan menampilkan berbagai informasi di dalam sebuah *browser Internet*. *HTML* diciptakan oleh *Tim Berners-Lee*, seorang peneliti *CERN*. *Berners-Lee* mendasarkan *HTML* pada *Standard Generalized Markup Language*. Dokumen *HTML* pada dasarnya adalah dokumen teks yang mengandung kode-kode tag yang sesuai dengan spesifikasi *HTML*. Kode-kode tag itu nantinya diterjemahkan oleh aplikasi *browser* sehingga dokumen *HTML* tadi bisa ditampilkan sesuai dengan yang diinginkan pembuatnya. Secara umum, *HTML* memiliki empat jenis elemen yaitu:

- a. *Structural*, yaitu tanda yang menentukan level atau tingkatan sebuah teks (misalnya sebagai *heading*, paragraf, kutipan, dan sebagainya).
- b. *Presentational*, yaitu tanda yang menentukan tampilan sebuah teks (misalnya cetak tebal, miring, garis bawah, dan lain-lain).
- c. *Hypertext*, yaitu tanda yang menunjukkan *link* ke bagian lain pada teks

tersebut atau ke dokumen lain.

- d. *Widget*, yaitu tanda yang menghasilkan obyek-obyek tertentu seperti tombol, garis horisontal, dan lain-lain (Firdaus, 2009).

I. PHP

Pada awalnya *PHP* merupakan kependekan dari *Personal Home Page* (Situs Personal). *PHP* pertama kali dibuat oleh *Rasmus Lerdorf* pada tahun 1995. Pada waktu itu *PHP* masih bernama *FI (Form Interpreted)*, yang wujudnya berupa sekumpulan *script* yang digunakan untuk mengolah data *form* dari *web*. Selanjutnya *Rasmus* merilis kode sumber tersebut untuk umum dan menamakannya *PHP/ FI*. Dengan perilisian kode sumber ini menjadi *open source* (Jakung, 2013).

Pada November 1997, dirilis *PHP/FI 2.0*. pada rilis ini interpreter *PHP* sudah diimplementasikan dalam program C. Dalam rilis ini disertakan juga modul-modul ekstensi yang meningkatkan kemampuan *PHP/FI* secara signifikan. Pada tahun 1997, sebuah perusahaan bernama *Zend* menulis ulang interpreter *PHP* menjadi lebih bersih, lebih baik, dan lebih cepat. Kemudian pada Juni 1998, perusahaan tersebut merilis interpreter baru untuk *PHP* dan meresmikan rilis tersebut sebagai *PHP 3.0* dan singkatan *PHP* dirubah menjadi akronim berulang *PHP: Hypertext Preprocessing*. Pada pertengahan tahun 1999, *Zend* merilis interpreter *PHP* baru dan rilis tersebut dikenal dengan *PHP 4.0*. *PHP 4.0* adalah versi *PHP* yang paling banyak dipakai pada awal abad ke-21. Versi ini banyak dipakai disebabkan kemampuannya untuk membangun aplikasi *web* kompleks tetapi tetap memiliki kecepatan dan stabilitas yang tinggi (PHP, 2004). Pertengahan tahun 1999, *Zend* merilis *interpreter* baru dan rilis tersebut dikenal dengan *PHP*

4.0. PHP 4.0 adalah versi PHP yang paling banyak dipakai pada awal abad ke-21. Versi ini banyak dipakai disebabkan kemampuannya untuk membangun aplikasi *web* kompleks tetapi tetap memiliki kecepatan dan stabilitas yang tinggi. (Novalina, 2008).

Pada Juni 2004, *Zend* merilis *PHP 5.0*. Dalam versi ini, inti dari interpreter *PHP* mengalami perubahan besar. Versi ini juga memasukkan model pemrograman berorientasi objek kedalam *PHP* untuk menjawab perkembangan bahasa pemrograman kearah paradigma berorientasi objek (ITC Bidang Kemahasiswaan Universitas Negeri Semarang, 2009). *PHP* memiliki empat kelebihan utama yang menarik minat banyak pengguna, diantaranya sebagai berikut:

1. Bahasa pemrograman *PHP* adalah sebuah bahasa *script* yang tidak melakukan sebuah kompilasi dalam penggunaannya.
2. *Web Server* yang mendukung *PHP* dapat ditemukan dimana-mana dari mulai *apache*, *IIS*, *Lighttpd*, *nginx*, hingga *Xitami* dengan konfigurasi yang relatif mudah.
3. Dalam sisi pengembangan lebih mudah, karena banyaknya milis-milis dan *developer* yang siap membantu dalam pengembangan.
4. Dalam sisi pemahaman, *PHP* adalah bahasa *scripting* yang paling mudah karena memiliki referensi yang banyak.
5. *PHP* adalah bahasa open source yang dapat digunakan di berbagai mesin (*Linux*, *Macintosh*, *Windows*) dan dapat dijalankan secara runtime melalui console serta juga dapat menjalankan perintah-perintah sistem (Dayat, 2009).

J. Web Server

Web server adalah sebuah perangkat lunak *server* yang berfungsi menerima permintaan *HTTP* atau *HTTPS* dari klien yang dikenal dengan *web browser* dan mengirimkan kembali hasilnya dalam bentuk halaman- halaman *web* yang umumnya berbentuk dokumen *HTML*. *Web server* yang terkenal diantaranya adalah *Apache* dan *Microsoft Internet Information Service (IIS)*. *Apache* merupakan *web server* antar- *platform*, sedangkan *IIS* hanya dapat beroperasi di sistem operasi *Windows* (Freepascal, 2004).

Fungsi utama dari sebuah *web server* adalah memberikan halaman *web* untuk klien. Klien dalam hal ini *web browser* memulai komunikasi dengan membuat permintaan untuk suatu sumber daya tertentu menggunakan *HTTP* dan *server* merespon dengan isi dari sumber daya tersebut atau pesan kesalahan jika permintaan tidak dapat direspons oleh *server* (Dewi, 2011). Suatu saat, *web server* dapat mengalami kelebihan beban yang disebabkan oleh beberapa sebab, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Terlalu banyak lalu lintas *web* yang sah. Ribuan bahkan jutaan klien tersambung ke situs *web* dalam interval yang pendek.
- Serangan *Distributed Denial of Service (DDoS)*. *DDoS* menyebabkan permintaan terhadap suatu website menjadi tidak bisa dilayani.
- *Worms* pada komputer kadang- kadang menyebabkan lalu lintas abnormal karena jutaan komputer terinfeksi.
- *XSS viruses can cause high traffic because of millions of infected browsers and/or Web servers; virus XSS* dapat menyebabkan lalu lintas

menjadi tinggi karena jutaan *web browser* dan atau *web server* yang terinfeksi.

- Kecepatan internet atau jaringan melambat, sehingga permintaan klien dilayani lebih lambat dan jumlah koneksi meningkat begitu banyak melampaui batas kemampuan *server*.
- *Web server* sementara tidak bisa melayani permintaan klien. Hal ini dapat terjadi karena sedang dilakukan proses *maintenance* atau *upgrade*, kegagalan perangkat keras atau perangkat lunak (Sofya, 2001).

K. Adobe Dreamweaver CS4

Dreamweaver merupakan produk *software* Adobe yang digunakan sebagai HTML *editor* profesional untuk mendesain *web* secara *visual* dan dapat juga digunakan untuk mengelola situs atau halaman *web*. Selain itu, Dreamweaver memberikan keleluasaan untuk digunakan sebagai media penulisan bahasa pemrograman *web*. Dreamweaver banyak digunakan para *web* desainer maupun *web* programmer. Fasilitas optimal dalam jendela desain yang tersedia menjadikan program ini sebuah produk unggulan dalam memberikan kemudahan dalam mendesain *web*, tidak terkecuali bagi para *web* desainer pemula. Kemampuan dreamweaver untuk berinteraksi dengan bahasa pemrograman, seperti PHP, ASP, Java *Script*, dan sebagainya, juga merupakan fasilitas pendukung maksimal kepada para desainer *web* yang menyertakan bahasa pemrograman *web* dalam pekerjaannya.

Ruang kerja, fasilitas, dan kemampuan yang tersedia pada aplikasi Dreamweaver juga dapat meningkatkan produktivitas dan efektivitas dalam

pembuatan desain halaman *web* maupun pembangunan suatu situs *web* (Madcoms, 2009). Tahun 2008 Adobe mengeluarkan varian terbaru dari Dreamweaver, yaitu Dreamweaver CS4. Gambar 2.12 menunjukkan tampilan halaman awal pada program Dreamweaver CS4.



Gambar 2.4 Halaman awal Adobe Dreamweaver CS4

L. Web Browser

Browser adalah program aplikasi yang menterjemahkan kode *HTML* dan mempresentasikan halaman *website*. Selain itu, *web browser* dapat diartikan sebagai aplikasi yang berfungsi untuk mengambil, menyajikan, dan melintasi sumber informasi di *World Wide Web*. Sebuah sumber informasi diidentifikasi dengan *Uniform Resource Identifier (URI)* yang mengacu pada halaman *web*. Dengan adanya *hyperlink* memungkinkan pengguna untuk menavigasi *browser* mereka ke sumber daya yang terkait dengan mudah. Meskipun fungsi utama *browser* ditujukan untuk mengakses *World Wide Web*, *web browser* juga dapat

digunakan untuk mengakses informasi yang disediakan oleh *server* di jaringan lokal atau *file* dalam sistem *file* (Stalling, 1990).

Terdapat beberapa macam *web browser* yang dapat kita pakai untuk menampilkan halaman-halaman *website*. Ada 3 jenis *web browser* yang sering dipakai terutama di Indonesia, diantaranya adalah *Internet Explorer*, *Mozilla Firefox* dan *Opera* (Pujantoko, 2009).

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Elektronika Dasar dan Laboratorium Fisika Komputasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang dimulai pada bulan Juni 2016 sampai dengan Agustus 2016.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Komputer *server* sebagai komputer utama yang digunakan untuk menampung data (*database*) dan sebagai sumber akses untuk pengguna (*client*).
2. Komputer *client* digunakan untuk mengakses data dari komputer *server* melalui jaringan internet.
3. Sensor Laser dust *ZH03A* digunakan untuk mengukur partikulat udara.
4. Arduino digunakan sebagai sistem client untuk pengiriman data.
5. Catu daya digunakan sebagai sumber tegangan yang dibutuhkan pada mikrokontroler dan sensor kecepatan dan arah angin.
6. Box persegi berfungsi sebagai tempat arduino dan sensor.
7. Program arduino digunakan sebagai pemrograman mikrokontroler.

8. Adobe Dreamweaver CS4 digunakan sebagai *software editor* dalam pemrograman berbasis *web*.
9. MySQL dan PHP digunakan sebagai *database server* dan *Web Server*.
10. Modem GSM digunakan sebagai transmisi pengirim data dari sensor ke server.
11. Tripot setinggi 1 meter digunakan sebagai tiang tempat box persegi.

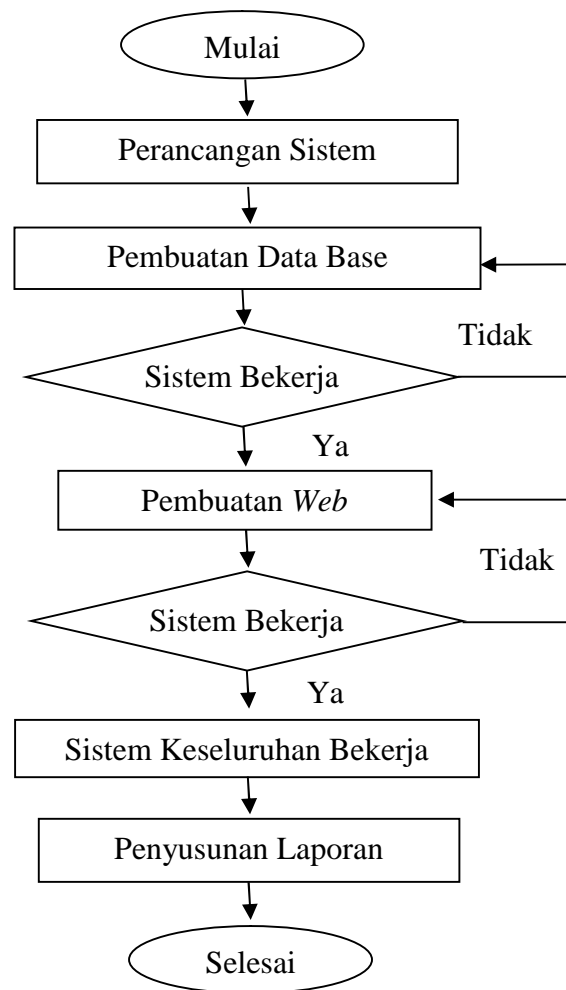
C. Prosedur Penelitian

Penentuan partikulat udara pada kawasan kota Bandar Lampung diukur dengan menggunakan sensor yang dibuat. Hasil pengukuran selanjutnya akan dikirimkan dari sensor ke pusat data (server) dengan menggunakan beragam metode seperti ethernet, jaringan WiFi atau menggunakan jaringan GSM 3D/GPRS. Setelah itu data dimasukkan ke jaringan internet sehingga dapat dilihat dengan menggunakan berbagai macam perangkat seperti Personal Computer (PC), Laptop ataupun Smartphone. Untuk mengukur akurasi dan presisi alat yang dipasang, dilakukan pengukuran kualitas udara pada waktu-waktu tertentu dengan menggunakan metode SNI. Data yang dihasilkan selanjutnya dengan menggunakan metode statistika untuk melihat apakah ada perbedaan nyata antara pengukuran dengan menggunakan prototype yang dibuat dan SNI.

Perancangan sistem monitoring data partikulat udara ini dilakukan dengan beberapa langkah kerja sebagai berikut.

1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan untuk merealisasikan sistem ini adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.

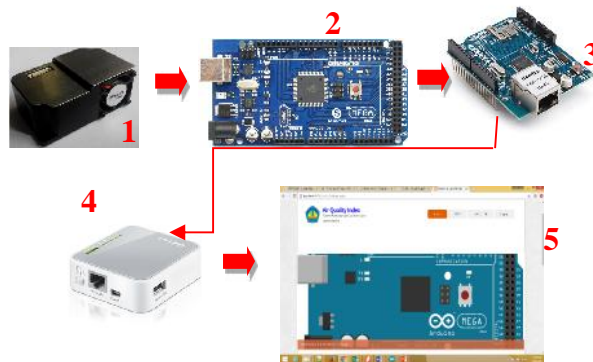


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini merupakan perancangan sistem secara menyeluruh yang dimulai dari data hasil pengukuran laser dust *ZH03A* sebagai sensor pendeteksi partikulat udara, data dari hasil pengukuran tersebut kemudian masuk ke dalam arduino dan akan langsung dikirimkan menuju *Personal Computer (PC)*, dengan memanfaatkan komunikasi ethernet RS485 yang bertujuan mengirim data sensor pada arduino ke *Personal Computer (PC)*. Untuk dapat memunculkan data dari sensor ke dalam *web*, data tersebut harus dihubungkan ke dalam *database server MySQL* yang kemudian akan dilakukan pembuatan *web* dengan *software*

editor web Adobe Dreamweaver CS4 yang sekaligus sebagai *software visual* pembuatan *web*. Diagram blok dari perancangan sistem ini secara umum ditunjukkan pada gambar 3.2.



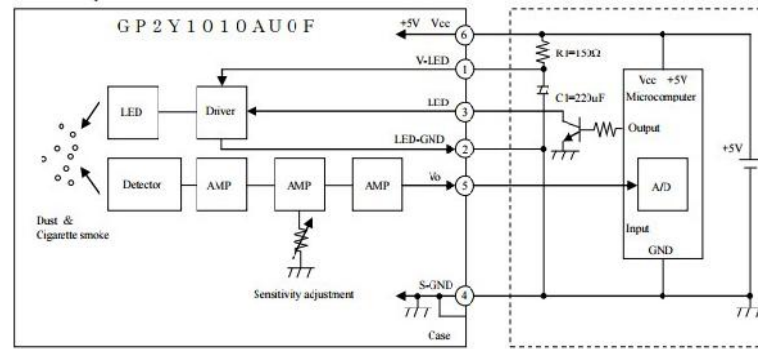
Gambar 3.2 Rancangan umum sistem

Keterangan:

1. Sensor Partikulat Meter ZH03A
2. Arduino Mega
3. Ethernet Shiel Arduino
4. Tp-Link 3020
5. Web Monitoring

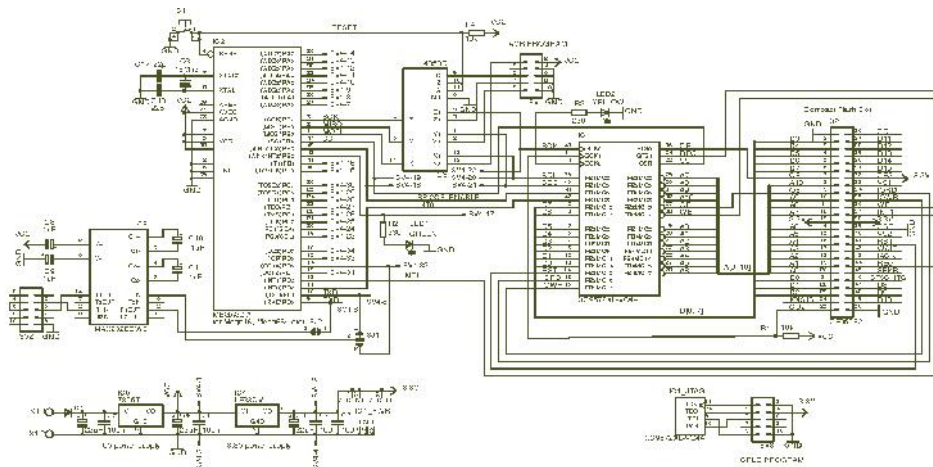
3. Sensor Laser Dust ZH03A

Sensor ZH03 Laser Debu adalah jenis sensor ukuran kecil, menggunakan prinsip hamburan laser untuk mendeteksi partikel debu di udara, dengan selektivitas yang baik dan stabilitas. Sensor ini memiliki beberapa fitur diantaranya yaitu dengan tingkat errornya nol, realtime, data yang akurat, resolusi minus dari partikel berdiameter $1.0\mu\text{m}$. Kemudian parameter teknik dari sensor ZH03A yaitu deteksi gas (PM1, PM2,5, PM10), output (UART output (3V ttl), PWM output), waktu respon 90s, kelembapan (15%RH-80%RH), dimensi (50*32.4*21mm). Berikut adalah rangkaian pada sensor laser dust ZH03A seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3. Rangkaian sensor laser dust ZH03A

Gambar 3.3 di atas kemudian di hubungkan dengan arduino dengan Schmitt Arduino Mega untuk menghasilkan output keethernet shield, selanjutnya dari output tersebut akan menjadi masukan website monitoring data.



Gambar 3.4. Rangkaian Elektronik Partikulat Meter

4. Pembuatan Web

Tahap ini dilakukan realisasi terhadap *web* yang telah dirancang sebelumnya. Setelah data hasil pembacaan web telah tersimpan dalam *database server* MySQL, selanjutnya akan dilakukan pembuatan koneksi antara MySQL dengan *software editor web* Adobe Dreamweaver CS4. Sistem *web* akan diproses pada komputer *server* menggunakan internet untuk penampilan data secara online.

Setelah pembuatan *web* selesai dan dapat berjalan dengan baik, kemudian kita tinggal menambahkan isi dari *web* yang telah kita buat dengan fitur-fitur pendukung yang kita inginkan.

5. Rancangan Data Hasil Penelitian

Data yang akan diambil pada penelitian ini ialah berupa pengukuran partikulat udara pada masing-masing sensor PM1, PM2,5, PM10 dan AQIndex. Pengujian akan dilakukan pada sensor *Laser dust ZH03A* untuk menentukan partikulat udara yang dihasilkan. Untuk mengetahui data partikulat udara maka diperlukan data informasi seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.1 Data hasil penelitian

No	Tanggal	Waktu	Data I PM 1	Data II PM2,5	Data III PM10	AQIndex

IV. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Telah direalisasikan perancangan sistem instrumentasi pengukuran partikulat meter dengan data ditampilkan langsung melalui internet. Sistem ini terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras dari alat ini yaitu terdiri dari baterai, sistem minimum mikrokontroler Arduino, sensor partikulat, Ethernet shield, Tp-Link, dan modem. Sedangkan untuk perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Arduino 1.6.8* sebagai pengiriman data dari masing-masing sensor melalui *Universal Serial Bus (USB)* menuju komputer, koneksi internet sebagai program *interface* data dari sensor dengan komputer server sekaligus sebagai pengirim data ke dalam *database MySQL*, dan *Adobe Dreamweaver CS4* sebagai program *editor website*. Gambar 4.1 merupakan hasil dari *hardware* untuk mengukur data partikulat meter.



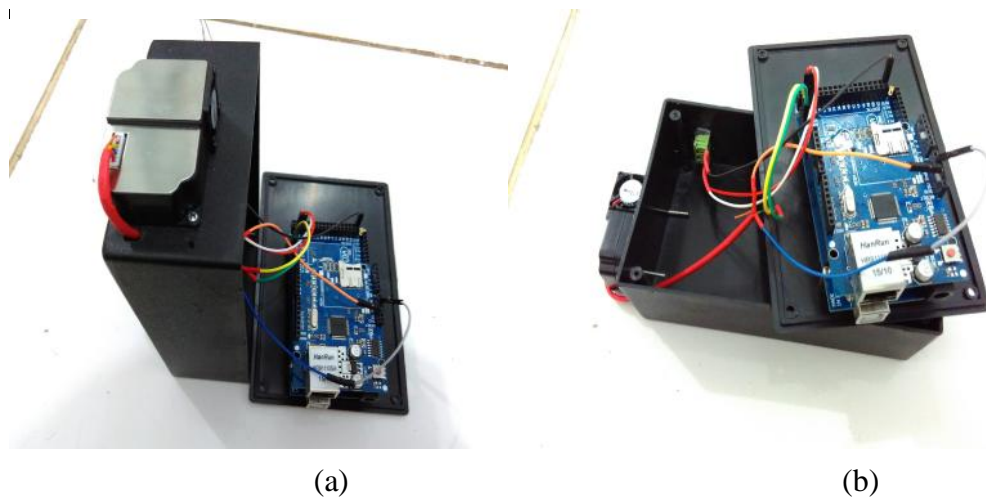
(a)



(b)

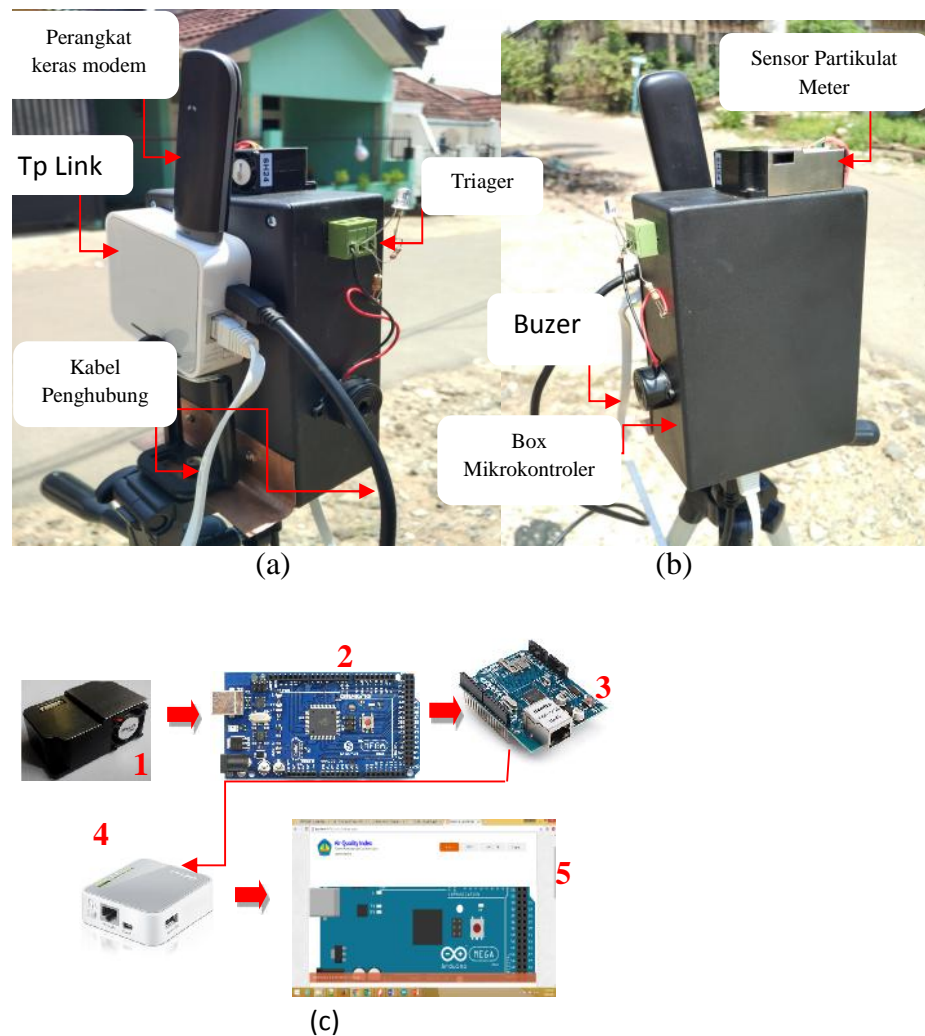
Gambar 4.1 Hardware Partikulat (a) Tampak atas (b) Rangkaian terpasang

Gambar 4.1 merupakan perangkat keras perancangan sistem instrumentasi pengukuran partikulat meter yang dibagian luar tampak atas terdapat rangkaian sensor partikulat untuk mengukur partikulat meter yang terhisab oleh *blower*. Sensor partikulat meter penelitian ini memiliki panjang keseluruhan 55 mm dengan lebar 32,4 mm. Setelah data digital partikulat meter didapatkan kemudian akan diolah kedalam *box* kontrol. Didalam *box* control terdapat mikrokontroler Arduino dan Ethernet shield Arduino yang terhubung dalam satu *box*.



Gambar 4.2 Hardware partikulat (a) Tampak atas (b) Rangkaian terpasang

Gambar 4.2 merupakan perangkat keras menentukan partikulat meter yang didalamnya terdapat rangkaian diode laser untuk menentukan partikel yang melewatinya. Setelah data digital partikulat meter didapatkan kemudian akan diolah didalam *box* control yang selanjutnya akan dilakukan upload data partikulat ke web monitoring melalui tp-link.



Gambar 4.3 Perangkat keseluruhan (a) Tampak belakang (b) tampak depan (c) Rancangan sistem, Keterangan (c): 1). Sensor Partikulat Meter ZH03A, 2). Arduino Mega, 3). Ethernet Shield Arduino, 4). Tp-Link 3020, 5). Web Monitoring

Gambar 4.3 merupakan perangkat keras secara keseluruhan yang telah di desain dengan koneksi internet dan jaringan yang memadai dalam koneksinya. Koneksi internet alat ini dimaksudkan untuk upload data partikulat dari jarak yang jauh sehingga penempatan alat dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Alat ini akan mengirimkan data dengan memanfaatkan *koneksi internet* dengan kecepatan koneksi provider tertentu

kemudian menuju server *database MySQL* dan dikirim ke *website* yang telah di desain sebelumnya.

B. Pembahasan

1. Analisis Perangkat Keras (*Hardware*)

a. Cara Kerja Sensor

Sensor ZH03 adalah jenis sensor ukuran kecil yang menggunakan prinsip hamburan laser untuk mendeteksi partikel debu di udara, dengan kesetabilan dan keakuratan data sensor. Dalam sensor ini digunakan, dengan output UART & output analog. Sensor ini memiliki beberapa fitur keunggulannya yaitu tingkat tanda bahaya nol kesalahan, realtime, data yang akurat, dan resolusi minus partikel diameter 0,1 μ m. sensor ini memiliki 8 pin keluaran yaitu, Vcc, Gnd, RXD Serial, TXD Serial, RESET, DAC Analog output, PWM output.

Sensor ini memiliki panjang keseluruhan 50 mm dengan lebar 32,4 mm dan tinggi 19 x 21 mm, memiliki luas lubang masuk debu seluas 16,55 x 4,65 mm. Dalam penggunaan sensor ZH03 menggunakan sistem kalibrasi agar data yang diperoleh bisa stabil. Dalam sensor ini juga dilengkapi oleh fan kecil yang berfungsi untuk membuang debu setelah melakukan pengukuran.

2. Analisis Perangkat Lunak (*Software*)

Setelah perangkat keras yang telah dirancang berjalan dengan baik, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan program atau perangkat lunak (*software*) sehingga *Hardware* yang telah dibuat bisa bekerja dengan apa yang telah dirancang sebelumnya. Perangkat lunak atau *software* yang digunakan

penelitian ini meliputi program mikrokontroler dengan *software* yang digunakan yaitu Bahasa C++ dengan *database MySQL* dan program *Website* menggunakan *software Dreamweaver CS4*.

a. Program Mikrokontroler

Keluaran data serial yang dihasilkan sensor partikulat meter kemudian akan diproses pada Arduino mega dengan program C++ sehingga data akan sesuai dengan yang dirancang dan akan dikirimkan menuju komputer atau PC sebagai server menggunakan jaringan *internet*. Listing program secara umum untuk perhitungan dan penentuan partikulat meter sekaligus pengiriman melalui sinyal internet adalah sebagai berikut:

```
#include <Ethernet.h>

#include <SPI.h>

#include <String.h>

#include "ZH03A.h"

#include "SoftwareSerial.h"

SoftwareSerial mySerial(18, 19); // MEGA TX:18, RX:19

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };

byte ip[] = { 192, 168, 1, 75 };

byte pusat[] = { 192, 168, 1, 100 };

EthernetClient klien;
```

Program di atas adalah inisialisasi dari arduino yang digunakan, Ethernet, sensor ZH03 dan komunikasi serial. Terlihat bahwa Arduino yang digunakan pada program ini adalah Arduino Mega, TX:18, RX:19 yaitu *Pin Communication* dari Arduino mega sehingga keluaran dari sensor dapat dibaca

sebagai masukan arduino, `include.h` yaitu *Standart Library* yang berarti mengaktifkan *library* yang digunakan, dan *delay* yang berarti mengaktifkan jeda pada pengiriman data. Ethernet Client berfungsi sebagai pengirim sinyal data dari Arduino kekomputer server melalui jaringan internet dengan kode IP address alat dan IP address pusat.

Inisialisasi komunikasi serial diperlukan untuk pengiriman dan penerimaan data dari arduino menuju komputer atau PC. EthernetClient klien; menunjukkan *Register* untuk mengaktifkan pengiriman data arduino sehingga arduino dapat berkomunikasi dengan shield Ethernet dan melakukan pengiriman kekomputer server. `#include "ZH03A.h"`; merupakan nama sensor partikulat meter yang digunakan untuk melakukan sebuah pembacaan dari sebuah *library* arduino. `const int ledPin = 24;` digunakan untuk penambahan sebuah pompa ketika partikulat meter melebihi ambang batas maksimum.

```
pm2_5.read();

pm1 = (pm2_5.pm1); // partikulat pm1

pm25 = (pm2_5.pm2d5); //partikulat pm2,5

pm10 = (pm2_5.pm10); //partikulat pm10

AQindex = (pm2_5.getAQI(pm2_5.pm2d5)); //Air Quality Index
```

Setelah inisialisasi selesai, kemudian melakukan deklarasi variabel yang akan digunakan. Variabel pertama `pm2_5.read()`; menggunakan tipe data *unsigned long* dengan ukuran 4 *bits* dan *range* dari 0 sampai dengan 4.294.967.295, kemudian ada variabel `pm1`, `pm25`, `pm10` dan `AQindex` dengan tipe data *integer* menunjukkan bilangan bulat yang mempunyai ukuran 16 *bits* dan *range* dari -32768 sampai dengan 32768, serta `v` dan `rps` dengan tipe data

floating point menunjukkan bilangan desimal yang mempunyai ukuran 32 *bits* dan *range* dari 1,175e-38 sampai dengan 3,402e38.

```

if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
  previousMillis = currentMillis;

  if (klien.connect(pusat, 8095)) {

    float AQIndex = pm2_5.getAQI(pm2_5.pm2d5);

    if (AQIndex > 50) {
      digitalWrite(ledPin, HIGH);
      tone(22, 900, 1500);
    } else {
      digitalWrite(ledPin, LOW);
      tone(22, 3500, 250);
    }

    klien.stop();
  }

  else {

    Serial.println("Not Connected");

    klien.stop();
  }
}

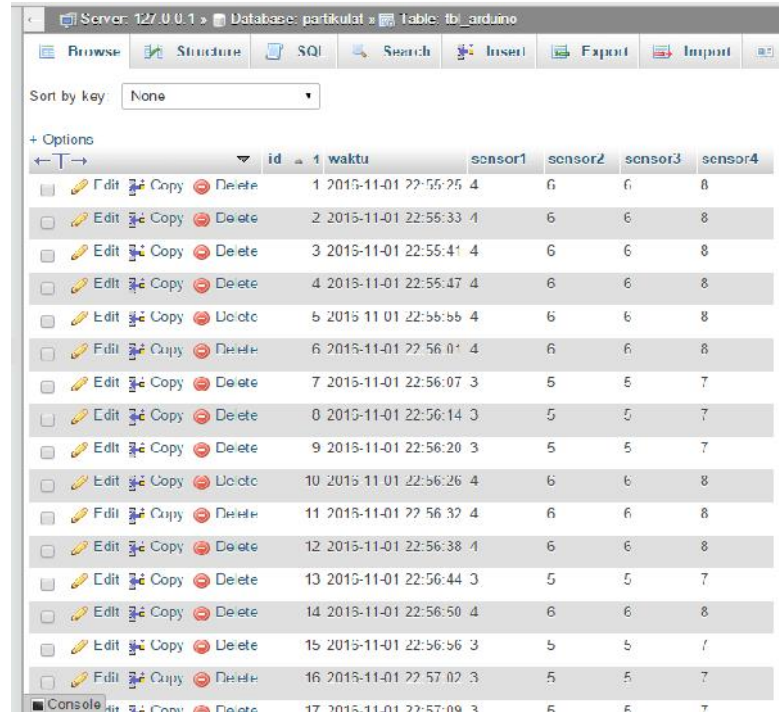
```

Program di atas masuk pada prosedur pengulangan *klausula if else* sehingga pengukuran akan dieksekusi suatu pernyataan logika secara kondisional. Pengukuran partikulat meter menggunakan rumus $AQIndex = pm2_5.getAQI(pm2_5.pm2d5)$; dimana *pm2_5* adalah nilai dari *pm2,5* yang dihasilkan dari pembacaan sensor ZH03, selanjutnya tipe data *floating point* akan diubah menjadi *array* sehingga nilainya dapat dibaca pada

komputer setelah dikirimkan. Program penentu partikulat meter yaitu menggunakan serial, kemudian dari masukan serial sensor partikulat meter yang berbeda akan dilakukan prosedur percabangan seperti program di atas sehingga kombinasi dari nilai tersebut dapat menentukan partikulat meter yang di deteksi.

b. Program *Interfacing* Komputer

Program *interfacing* pada komputer ini bertujuan untuk menampilkan data yang telah diproses mikrokontroler kemudian menyimpannya kedalam *database MySQL*. Sebelum membuat program *interface* komputer terlebih dahulu kita harus membuat *database MySQL* yang dibutuhkan nantinya. Struktur *database MySQL* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 4.4.



	id	waktu	sensor1	sensor2	sensor3	sensor4
	1	2015-11-01 22:55:25	4	6	6	8
	2	2015-11-01 22:55:33	4	6	6	8
	3	2015-11-01 22:55:41	4	6	6	8
	4	2015-11-01 22:55:47	4	6	6	8
	5	2015-11-01 22:55:55	4	6	6	8
	6	2015-11-01 22:56:01	4	6	6	8
	7	2015-11-01 22:56:07	3	5	5	7
	8	2015-11-01 22:56:14	3	5	5	7
	9	2015-11-01 22:56:20	3	5	5	7
	10	2015-11-01 22:56:26	4	6	6	8
	11	2015-11-01 22:56:32	4	6	6	8
	12	2015-11-01 22:56:38	4	6	6	8
	13	2015-11-01 22:56:44	3	5	5	7
	14	2015-11-01 22:56:50	4	6	6	8
	15	2015-11-01 22:56:56	3	5	5	7
	16	2015-11-01 22:57:02	3	5	5	7
	17	2015-11-01 22:57:09	3	5	5	7

Gambar 4.4 Struktur *database MySQL*

Setelah pembuatan *database MySQL* selesai selanjutnya mendesain tampilan

program *interface*. Program *interface* yang digunakan penelitian ini adalah *PHP*. Tampilan program *interface* penelitian ini terlihat pada gambar 4.5.

No	Tanggal	PM10(ug/m3)	PM2.5(ug/m3)	PM10(ug/m3)	AQIndex
1	2016-11-01 22:55:25	4	6	6	8
2	2016-11-01 22:55:33	4	6	6	8
3	2016-11-01 22:55:41	4	6	6	8
4	2016-11-01 22:55:47	4	6	6	8
5	2016-11-01 22:55:55	4	6	6	8
6	2016-11-01 22:56:01	4	6	6	8
7	2016-11-01 22:56:07	3	5	5	7
8	2016-11-01 22:56:14	3	5	5	7
9	2016-11-01 22:56:20	3	5	5	7
10	2016-11-01 22:56:26	4	6	6	8

Gambar 4.5 Tampilan program *interface* komputer

Gambar 4.5 merupakan tampilan program *interface* komputer menggunakan *software PHP* yang berbentuk web. Setelah tampilan selesai selanjutnya dilakukan pembuatan program agar tampilan tersebut dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Program yang pertama dilakukan yaitu melakukan komunikasi serial antara komputer dengan mikrokontroler sehingga data yang dihasilkan oleh sensor partikulat meter dapat masuk ke dalam program *interface*. Program inialisasi komunikasi serial adalah sebagai berikut:

```
Serial.print("pm1.0=");
Serial.print(pm2_5.pm1);
Serial.print("; pm2.5=");
Serial.print(pm2_5.pm2d5);
Serial.print("; pm10=");
Serial.print(pm2_5.pm10);
```

```

Serial.print("; AQI=");
Serial.print(pm2_5.getAQI(pm2_5.pm2d5));
Serial.println();

```

Program diatas merupakan *coding* program serial yang menampilkan data serial dari alat tersebut. Dari program diatas dapat di deklarasikan bahwa `Serial.print("; pm2.5=");` adalah program pemanggilan dari nilai pm2,5 yang dihasilkan dari pengukuran sensor. Kemudian untuk `Serial.print("; pm10=");` adalah program pemanggilan dari nilai pm10 yang dihasilkan dari pengukuran sensor. Setelah program serial telah terdefiniskan berikut ini adalah program komunikasi Arduino ke PHP yang akan disimpan kedalam database dan ditampilkan dalam bentuk web yang sudah dibuat.

```

Serial.println("Connected");

klien.print("GET /partikulat/add.php?");

klien.print("sensor1=");

klien.print(pm1);

klien.print("&sensor2=");

klien.print(pm25);

klien.print("&sensor3=");

klien.print(pm10);

klien.print("&sensor4=");

klien.println(AQindex);

```

Program diatas `Serial.println("Connected");` digunakan untuk menentukan *port* komunikasi serial keprogram *PHP*. `klien.print("GET /partikulat/add.php?");` digunakan untuk menentukan pembacaan website dari

database yang dibuat sebagai interface data. `klien.print("sensor1=")`; digunakan untuk pengiriman data sensor1 ke database. Program di atas menunjukkan bahwa *server* yang digunakan yaitu "*localhost*" dengan *port* dan *username* standar dari database MySQL yaitu "8095 dan pusat", database yang digunakan yaitu "*partikulat*" dan penelitian ini di *Setting* password pada database MySQL.

Setelah koneksi database MySQL berjalan lancar selanjutnya perintah penyimpanan ke dalam database MySQL dan list data yang tersimpan akan muncul dalam tabel *grid* pada program *interface* dengan penambahan program *delay* agar data yang dihasilkan dapat berjalan dengan lancar. Program penyimpanan data dan pembuatan list data grid dan program *delay* adalah sebagai berikut :

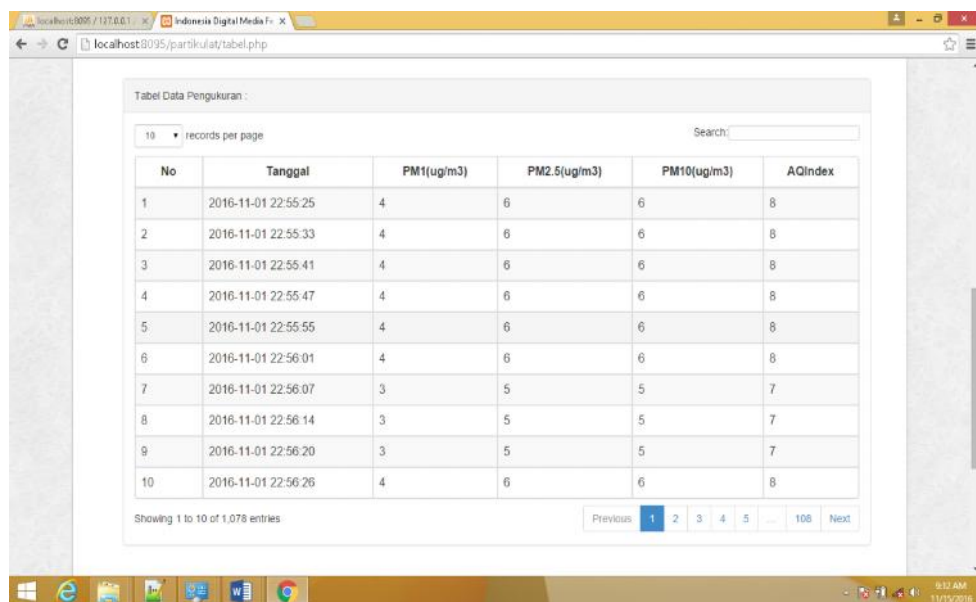
```
<div class="row-fluid">
  <!--Edit Main Content Area here-->
  <div class="span12" id="divMain">
    <div class="col-md-6" style="width: 1080px;">
      <div class="panel panel-default">
        <div class="panel-heading">Tabel Data Pengukuran :</div>
        <div class="panel-body">
          <div class="table-responsive">
            <table class="table table-striped table-bordered table-
            hover" id="dataTables-example">
              <thead>
                <tr>
                  <th width="5%"><div align="center">No</div></th>
                  <th width="13%"><div align="center">Tanggal</div></th>
                  <th width="8%"><div align="center">PM1(ug/m3)</div></th>
                  <th width="8%"><div align="center">PM2.5(ug/m3)</div></th>
                  <th width="8%"><div align="center">PM10(ug/m3)</div></th>
                  <th width="6%"><div align="center">AQIndex</div></th>
                </tr>
              </thead>
              <tbody>
                <?php
                  include('connect.php');
                  $sql = mysql_query("SELECT * FROM `tbl_arduino`");
```

```

$no=1;
while($data = mysql_fetch_assoc($sql)){
    echo '<tr class="odd gradeX">
        <td align="center">'.$no.'</td>
        <td>'.$data['waktu'].'</td>
        <td>'.$data['sensor1'].'</td>
        <td>'.$data['sensor2'].'</td>
        <td>'.$data['sensor3'].'</td>
        <td>'.$data['sensor4'].'</td>
    </tr>;
    $no++; }?>
</tbody>
</table>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>

```

Program di atas akan melakukan penyimpanan data dalam *delay* 10 detik ke dalam *database MySQL*. Data yang disimpan yaitu berupa tanggal, waktu, pm1, pm2,5, pm10 dan AQindex. Tampilan hasil *running* program *interface* terlihat pada gambar 4.6.

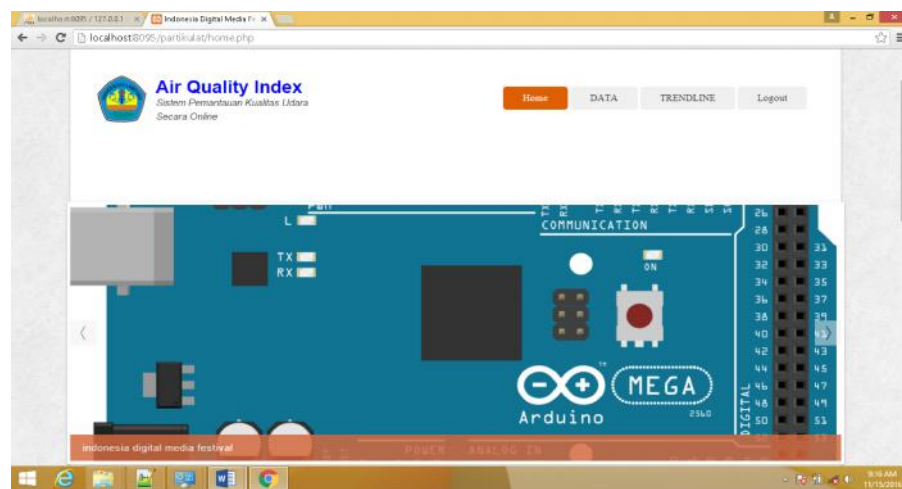


No	Tanggal	PM1(ug/m3)	PM2.5(ug/m3)	PM10(ug/m3)	AQIndex
1	2016-11-01 22:55:25	4	6	6	8
2	2016-11-01 22:55:33	4	6	6	8
3	2016-11-01 22:55:41	4	6	6	8
4	2016-11-01 22:55:47	4	6	6	8
5	2016-11-01 22:55:55	4	6	6	8
6	2016-11-01 22:56:01	4	6	6	8
7	2016-11-01 22:56:07	3	5	5	7
8	2016-11-01 22:56:14	3	5	5	7
9	2016-11-01 22:56:20	3	5	5	7
10	2016-11-01 22:56:26	4	6	6	8

Gambar 4.6. Hasil *runing* program *interface*

c. Program Website

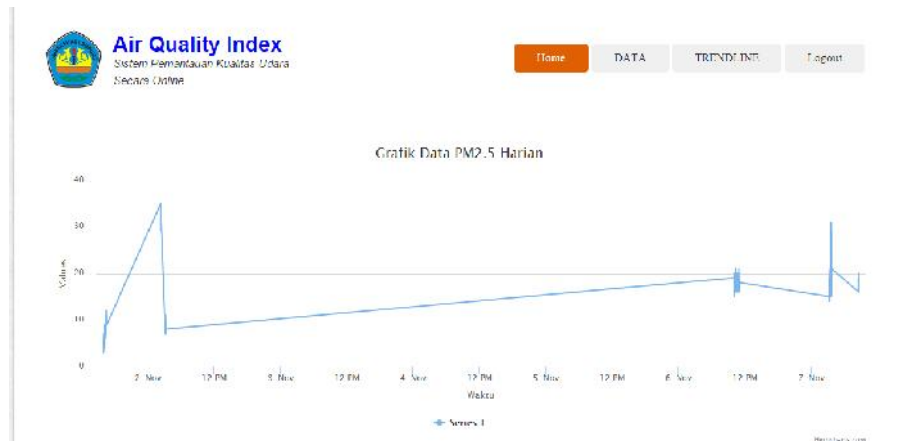
Proses pembuatan *website* penelitian ini dimulai ketika data sensor partikulat meter sudah berhasil tersimpan pada *database MySQL*, sehingga data dalam *database MySQL* dapat ditampilkan dalam *website* dengan *software Dreamweaver CS4*. Dalam pembuatan *website* hal pertama yang dilakukan adalah membuat tampilan awal atau halaman *home*. Tampilan awal untuk *website monitoring* data partikulat meter terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Halaman *home website*

Gambar 4.7 adalah tampilan awal *website monitoring* data partikulat meter yang didalamnya terdapat informasi data partikulat yang disajikan secara *real time* baik itu berbentuk tabel maupun berbentuk grafik.

Aplikasi *website monitoring* data partikulat meter ini dapat menampilkan data partikulat dalam bentuk grafik dimana data yang ditampilkan adalah data partikulat meter yang terbaru dalam selang waktu 10 detik dari alat pengukur partikulat meter yang telah dibuat. Tampilan data grafik dari *website monitoring* data kecepatan dan arah angin terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Halaman data grafik

Selain dalam bentuk grafik data partikulat meter juga ditampilkan dalam bentuk tabel, dimana data yang masuk akan ditampilkan mulai dari data awal pengukuran sampai dengan terakhir pengukuran sehingga dapat dilakukan pemantauan pada suatu tempat. Data yang ditampilkan dalam bentuk tabel ini 10, 25, 50, 100 data dari yang awal pengukuran sampai dengan terakhir pengukuran sehingga jika ingin melihat data pengukuran partikulat meter yang terbaru kita harus menekan *Next* atau *Last* bisa juga dengan search waktu data yang dibutuhkan. Tampilan data tabel pada *website monitoring* data partikulat meter terlihat pada gambar 4.9.

Tabel Data Pengukuran :

10 records per page

Search:

No	Tanggal	PM1(ug/m3)	PM2.5(ug/m3)	PM10(ug/m3)	AQIndex
1	2016-11-01 22:55:25	4	5	5	8
2	2016-11-01 22:55:33	4	5	5	8
3	2016-11-01 22:55:41	4	5	5	8
4	2016-11-01 22:55:47	4	5	5	8
5	2016-11-01 22:55:55	4	5	5	8
6	2016-11-01 22:56:01	4	5	5	8
7	2016-11-01 22:56:07	3	5	5	7
8	2016-11-01 22:56:14	3	5	5	7
9	2016-11-01 22:56:20	3	5	5	7
10	2016-11-01 22:56:26	4	5	5	8

Showing 1 to 10 of 1,000 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 100 Next

Gambar 4.9 Halaman data tabel

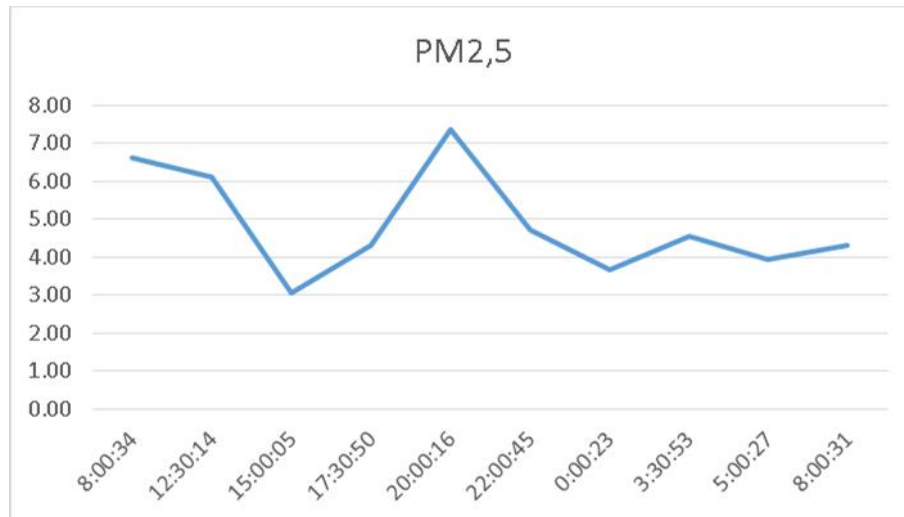
Website ini dilengkapi dengan sistem *login* untuk keamanan data *website* sehingga tidak semua pengguna bisa masuk dalam *website* partikulat meter. Pengguna juga dapat langsung memantau data partikulat meter kapan saja dan dimana saja hanya dengan menggunakan sebuah perangkat *mobile* atau komputer yang mempunyai jaringan internet dengan cepat.

Pembuatan program *website* ini masih ditampilkan ke dalam *localhost* sehingga pengguna lain tidak dapat mengakses program serta informasi yang ada di dalam *website* tersebut. Namun jika program *website* ini ingin dapat ditampilkan dan dapat diakses oleh pengguna lain melalui *browser* masing-masing pengguna, kita harus sewa tempat *server* atau *hosting* dan nama *server* atau *domain* kemudian *upload* program *website* yang ingin ditampilkan lengkap dengan *database MySQL*. *Hosting* adalah suatu tempat penyimpanan dari data-data atau *file* yang dibutuhkan untuk dapat ditampilkan pada komputer global, sehingga untuk dapat menampilkan data harus menyewa dan memasukkan data atau *file* yang dibutuhkan ke dalam komputer *server*. Sedangkan *domain* adalah nama atau alamat *website* yang digunakan untuk mengakses *website* yang dibangun. Setelah semua proses selesai maka program *website monitoring* data partikulat meter dapat diakses oleh pengguna lain.

3. Analisis Sistem Secara Keseluruhan

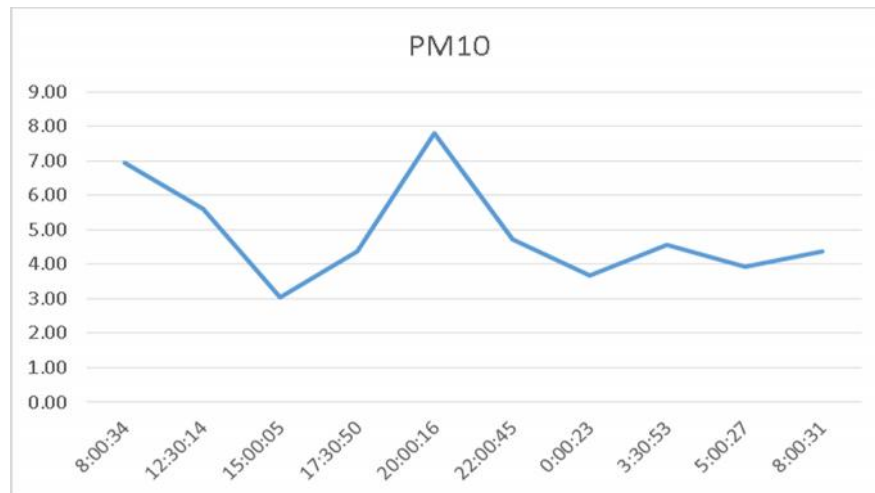
Pengujian alat secara keseluruhan dipenelitian ini dilakukan pada tempat yang mempunyai pencemaran udara tingkat seperti jalan raya, karena untuk mengetahui konsentrasi partikulat meter di suatu titik harus dilakukan pada

tempat yang ramai kendaraan transportasi. Alat penelitian yang dibuat ini dilakukan pengujian dengan cara validasi menggunakan alat *High Volume Air Sampler* dengan interval waktu 24 jam. Metode validasi ini mengacu pada SNI 19-7119.3-2005 cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan metode *gravimetri*. Adapun langkah kerjanya yaitu menempatkan filter pada filter holder, menempatkan alat uji diposisi dan lokasi pengukuran menurut metode penentuan lokasi titik ambien, menyalakan alat uji dan mencatat waktu serta tanggal dengan membaca indikator laju alir dan mencatat laju alirnya untuk diteruskan pembacaan hasil dari kalibrasinya, mencatat temperatur dan tekanan barometrik, menyambungkan pencatat waktu ke motor untuk mendeteksi kehilangan waktu karena gangguan listrik dengan memantau laju alirnya, melakukan pengambilan contoh uji selama 24 jam, dari semua laju alir, temperatur, pemindahan filter isotech secara hati-hati agar tidak ada partikel yang terlepas, melipat filter dengan partikulat tertangkap didalamnya, menempatkan lipatan filter dalam aluminium foil dan menandai untuk identifikasi. Adapun pengukuran untuk partikulat 2,5 di peroleh hasil grafik seperti pada gambar 4.10.



Gambar 4.10. Grafik validasi hubungan waktu terhadap PM2,5

Grafik gambar 4.10 menunjukkan hasil dari konsentrasi partikulat 2,5 yang dihasilkan dengan cara validasi dengan alat ukur manual. Dari validasi alat ukur tersebut didapatkan hasil yang sama dengan alat ukur yang sudah ada dan dilakukan secara perhitungan yang terlampir pada table 3. Dari hasil grafik pengukuran diatas gambar 4.10 dengan waktu selama 24 jam dimulai dari pukul 08:00:34 pagi sampai pukul 08:00:31 pagi. Kemudian dilanjutkan dengan grafik hasil pengukuran PM10 dengan waktu pengambilan data selama 24 jam. Dari pengukuran yang dilakukan di peroleh hasil grafik PM10 seperti pada gambar 4.11.



Gambar 4.11. Grafik validasi hubungan waktu terhadap PM10

Pada grafik gambar 4.11 menunjukkan hasil dari konsentrasi PM10 yang dihasilkan dari cara validasi dengan alat ukur manual. Dari validasi alat ukur tersebut didapatkan hasil yang sama dengan alat ukur manual yang dilakukan secara perhitungan terlampir pada table 4. Dari hasil grafik pengukuran diatas gambar 4.11 dengan waktu selama 24 jam dimulai dari pukul 08:00:34 pagi sampai pukul 08:00:31 pagi. Kemudian setelah dilakukan cara validasi alat ukur konsentrasi partikulat meter dengan alat ukur standar, pengukuran akan dilanjutkan ditempat-tempat tertentu seperti di Perumahan Griya Gedong Meneng Indah.

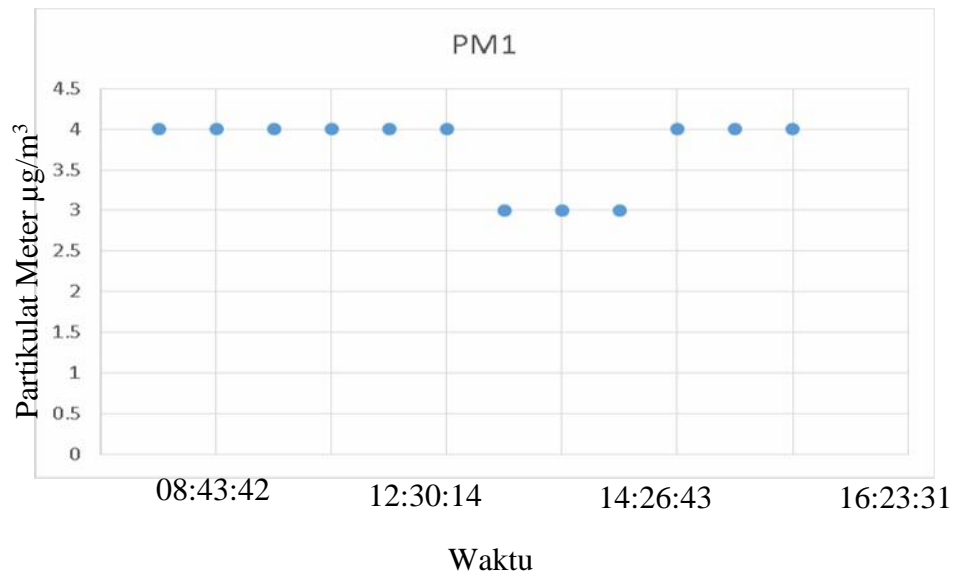
Setelah tempat yang memenuhi sudah ditemukan, selanjutnya dilakukan pengujian alat secara keseluruhan. Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan di satu titik di Perumahan Griya Gedong Meneng Indah tepatnya di Jalan Abdul Muis 9, Perumahan Griya Gedong Meneng Indah Blok D1 No. 05 Rajabasa Bandar Lampung hari Selasa tanggal 01 November 2016 dimulai pukul 08:43:42 WIB sampai dengan 16:43:23 WIB. Pengujian dilakukan dipinggir jalan menggunakan penyangga yang berukuran 100 cm dari tanah.

Kemudian data dari hasil pengukuran partikulat meter ditampilkan pada layar *monitor* sekaligus data akan disimpan pada *database MySQL* dan ditampilkan kedalam *website* secara *real time*. Data pengukuran yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data pengukuran partikulat meter di daerah Perumahan Griya Gedong Meneng

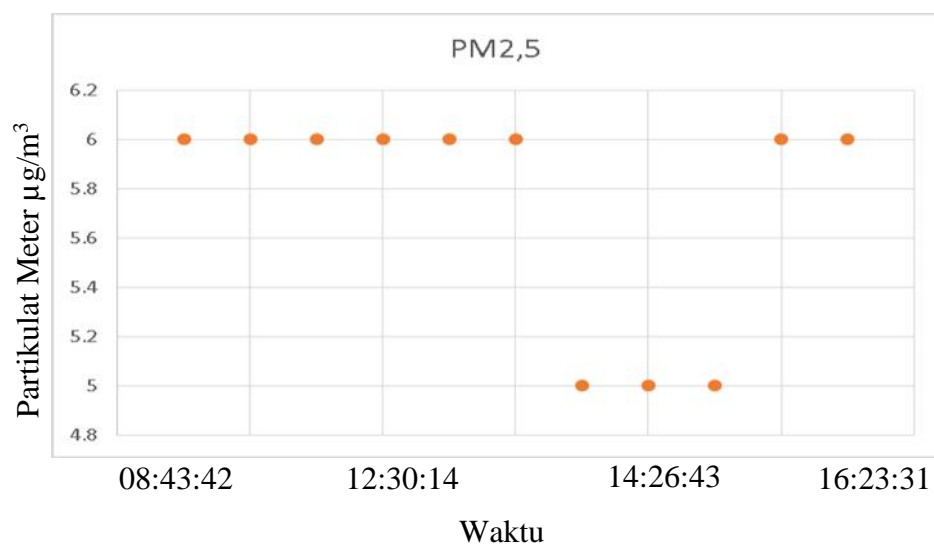
No	Tanggal & Waktu	PM1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	AQI
1	2016/11/01 08:43:42	4	6	6	8
2	2016/11/01 09:13:41	4	6	6	8
3	2016/11/01 09:42:28	4	6	6	8
4	2016/11/01 11:13:35	4	6	6	8
5	2016/11/01 11:43:38	4	6	6	8
6	2016/11/01 13:13:38	4	6	6	8
7	2016/11/01 13:39:03	3	5	5	7
8	2016/11/01 14:13:30	3	5	5	7
9	2016/11/01 14:43:39	3	5	5	7
10	2016/11/01 15:13:35	4	6	6	8
11	2016/11/01 16:13:56	4	6	6	8
12	2016/11/01 16:43:23	4	6	6	8

Data hasil pengukuran partikulat meter dilakukan pukul 08:43:42 sampai dengan 16:43:23 WIB. Penelitian ini, hasil pengukuran partikulat meter dilakukan penyimpanan data dalam selang waktu 6 detik per pengukuran partikulat meter. Tetapi terdapat *delay* dalam pengiriman data dari *hardware* menuju *website* secara rata-rata sebesar 8 detik. Hasil pengukuran yang dihasilkan dapat disajikan ke dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.10.



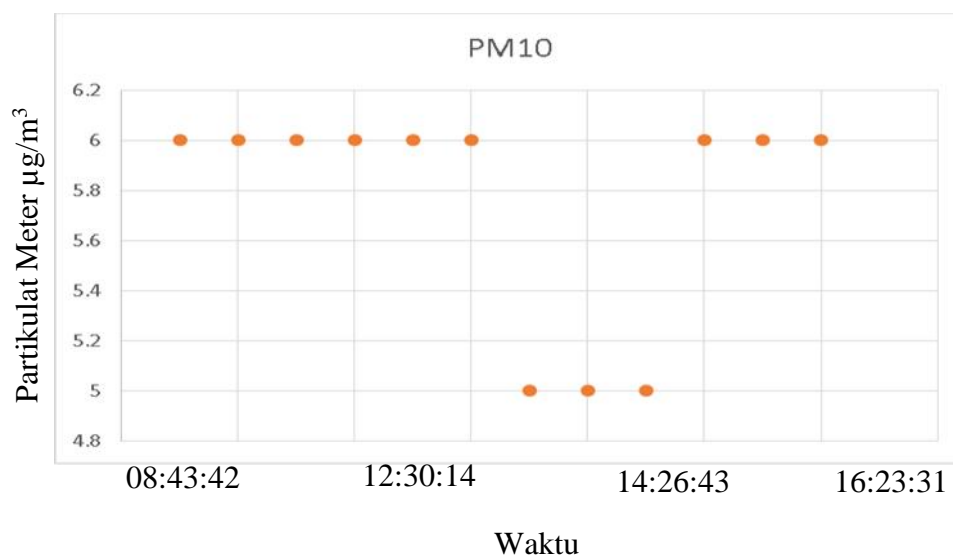
Gambar 4.12 Grafik hubungan waktu terhadap PM1

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa data PM1 yang terukur di Jalan Abdul Muis 9 Perumahan Griya Gedong Meneng Indah Blok D1 No.05, Rajabasa Bandar Lampung sangat bagus. Dilihat dari hubungan waktu terhadap partikulat meter yang didapat dari pengujian alat partikulat menghasilkan data seperti digrafik. Dari grafik, memiliki kesetabilan dan terlihat nilai perubahan dengan bertambahnya partikel yang dibawa oleh udara masuk ke dalam sensor.



Gambar 4.13 Grafik hubungan waktu terhadap PM2,5

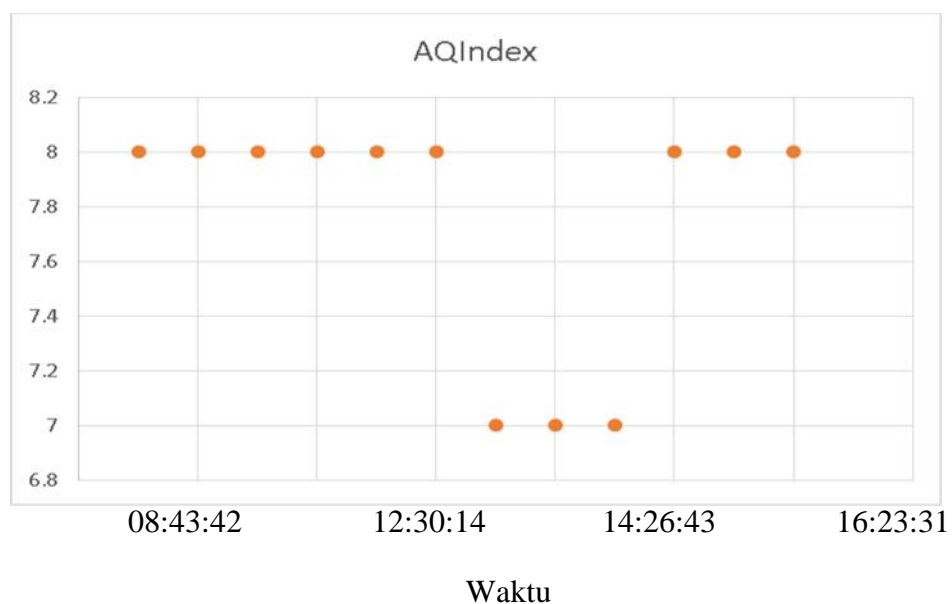
Dari Gambar 4.13 terlihat bentuk grafik untuk data PM_{2,5} yang terukur di Jalan Abdul Muis 9 Perumahan Griya Gedong Meneng Indah Blok D1 No.05, Rajabasa Bandar Lampung sangat bagus untuk dihirup bagi tubuh. Dilihat dari hubungan waktu terhadap partikulat meter yang didapat dari pengujian alat partikulat menghasilkan data seperti digrafik pada gambar 4.11. Dari grafik, memiliki kesetabilan dan terlihat nilai perubahan dengan bertambahnya partikel yang dibawa oleh udara masuk ke dalam sensor. Dengan nilai yang konstan pada waktu tertentu dan tidak menghasilkan efek yang berbahaya bagi makhluk hidup yang menghirupnya. Adapun range konsentrasi partikulat meter 2,5 yang dapat menimbulkan dampak dalam kehidupan sehari-hari yaitu 0-15 μm^3 (baik), 16-65 μm^3 (sedang), 66-150 μm^3 (tidak sehat), 151-250 μm^3 (sangat tidak sehat), >251 μm^3 (berbahaya) (kepala BPD Lingkungan 1997).



Gambar 4.15 Grafik hubungan waktu terhadap PM₁₀

Dari grafik gambar 4.15, memiliki kesetabilan dan terlihat nilai perubahan dengan bertambahnya partikel yang dibawa oleh udara masuk ke dalam lubang sensor. Dari Gambar 4.15 terlihat bentuk grafik untuk data PM₁₀

yang terukur di Jalan Abdul Muis 9 Perumahan Griya Gedong Meneng Indah Blok D1 No.05, Rajabasa Bandar Lampung sangat bagus untuk dihirup bagi tubuh. Dilihat dari hubungan waktu terhadap partikulat meter yang didapat dari pengujian alat partikulat menghasilkan data seperti digrafik pada gambar 4.15. Dengan nilai yang konstan pada waktu tertentu dan tidak ada efek yang berbahaya bagi makhluk hidup yang menghirupnya. Adapun range konsentrasi PM10 yang dapat menimbulkan dampak dalam kehidupan sehari-hari yaitu $0-50 \mu\text{m}^3$ (baik), $51-150 \mu\text{m}^3$ (sedang), $151-350 \mu\text{m}^3$ (tidak sehat), $351-420 \mu\text{m}^3$ (sangat tidak sehat), $>421 \mu\text{m}^3$ (berbahaya). Partikel-partikel tersebut sebagai pemicu timbulnya infeksi saluran pernapasan, karena partikel padat PM10 dan PM2,5 dapat mengendap pada saluran pernapasan daerah bronki dan alveoli.



Gambar 4.16 Grafik hubungan waktu terhadap AQIndex

Indek kualitas udara (AQI) adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika

dan makhluk hidup lainnya. Pada gambar 4.16 menunjukkan bahwa data AQIndex yang terukur di Jalan Abdul Muis 9 Perumahan Griya Gedong Meneng Indah Blok D1 No.05, Rajabasa Bandar Lampung sangat bagus. Adapun range konsentrasi AQIndex yang dapat menimbulkan dampak dalam kehidupan sehari-hari yaitu 0-50 (baik), 51-100 (sedang), 101-199 (tidak sehat), 200-299 (sangat tidak sehat), >300 (berbahaya). Dalam alat partikulat meter ini perhitungan yang digunakan untuk menentukan AQIndex yaitu dengan menyatukan hasil dari perhitungan PM1, PM2,5 dan PM10, namun dalam perhitungan manual yang digunakan untuk menentukan AQIndex dengan menggunakan hasil dari perhitungan PM10. Dalam grafik diatas menunjukkan bahwa hasil pengukuran yang berada dilingkungan sekitar perumahan sangat bagus untuk dihirup bagi tubuh makhluk hidup disekitarnya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Telah terealisasi alat ukur *partikulat meter* (PM) menggunakan sensor *laser dust ZH03A*.
2. Sensor partikulat meter dalam penelitian ini mempunyai resolusi partikel diameter 1,0 μm dengan data yang akurat secara.
3. Sistem interfacing penelitian ini dibangun menggunakan aplikasi *PHP* yang telah berhasil menghubungkan *hardware* dengan PC sehingga data hasil pengukuran dapat disimpan dalam *database MySQL*.
4. Sistem *website monitoring* data partikulat meter ini sudah masuk kedalam komputer global sehingga data hasil pengukuran dapat diakses semua pengguna.
5. Sistem *website monitoring* data *partikulat meter* ini dapat menampilkan data dalam bentuk tabel dan grafik.

B. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, saran dari penulis adalah sebagai berikut.

1. Pengukuran tidak hanya partikulat meter bisa ditambahkan dengan pengukuran SO₂, NO₂, CO, dan O₃.
2. Sistem baterai dapat dikembangkan menggunakan *solar cell* sehingga lebih ramah lingkungan.
3. Tampilan dan fitur pada *website* dapat dikembangkan lagi sehingga lebih menarik dan responsif

DAFTAR PUSTAKA

- Anhar. 2010. *PHP & MySql Secara Otodidak*. Jakarta: PT TransMedia.
- Bunafit Nugroho. 2005. *Database Relasional Dengan MySQL*. Andi, Yogyakarta.
- Dayat. 2009. Serial komunikasi dengan PHP.
- Delimayanti, Mera Kartika dan Sudrajat Iwa. 2008. *Aplikasi Pengontrolan dan Monitoring Ketinggian Air Berbasis Web*. Konferensi dan Temu Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Indonesia 21 - 23 Mei 2008, Jakarta.
- Dewi, Marsita. 2011. *Pembuatan Situs Web Almamater Perguruan Tinggi Menggunakan PHP dan MySQL*. (Tugas Akhir). Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Djuandi, Feri. 2011. *Pengenalan arduino*. Teknik elektro universitas trisakti, Jakarta.
- Drupsteen, Th G dan L. Woltgens. *Pengantar Hukum Perizinan Lingkungan*, Terjemahan M. Soetopo, penyunting Siti Sundari Rangkuti, Kerjasama hukum Indonesia – Belanda, 1996.
- Fardiaz, S. 2003. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Firdaus, Johan. 2009. *Pembuatan Website Lapkom Aplikasi Menggunakan PHP Dan MySQL*. Universitas gunadarma.
- Freepascal, 2004. *Freepascal Refence Manual*, Website Internet,
- Hartono, Rudi dan Purnomo, Agus. 2011. *Wireless Network*. D3 TI FMIPA UNS.
- ITC Bidang Kemahasiswaan Universitas Negeri Semarang. 2009. *Dasar-dasar Pemrograman Website Menggunakan HTML, PHP dan MySQL*.

Information and Communication Technology Bidang Kemahasiswaan
Universitas Negeri Semarang.

Jakung, Laurensia Kurniawati. 2013. *Aplikasi Penjualan pada Butik Sally Lovely Berbasis Web Menggunakan Program PHP*. (Tugas Akhir). Program Studi Sistem Informasi Fakultas Teknik Universitas Widyatama Bandung.

Jogiyanto. 2005. *Analisis dan Desain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Alikasi Bisnis*. Andi: Yogyakarta.

Kamal Akhyar. 2014. *Pemanfaatan RFID untuk Keamanan Ruang Gedung yang dilengkapi Pengambilan Informasi Foto dan Lokasi Karyawan*. (Tugas Akhir). Program Studi Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

KemenLH., 2007, Naskah Kebijakan Kajian Lingkungan Hidup Strategis: Mengarusutamakan Pembangunan Berkelanjutan, Jakarta: Deputi Bidang Tata Lingkungan Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia & ESP-Danida.

Kristanto, Philip.2013. *Ekologi Industri*. Penerbit CV Andi Offset. Jakarta.

Lukmanul, Hakim. 2004. *Cara Cerdas Menguasai Layout, Desain, dan Aplikasi*. PT Elex Media Komputindo Jakarta.

Madcoms Madiun. 2009. *Panduan Lengkap Adobe Dreamweaver CS4*. Andi: Yogyakarta.

Mukono, H.J. 1997. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Airlangga University Press, Surabaya.

Novalina, S Dermawani. 2008. *Aplikasi Web Dinamis Menggunakan PHP dan MySQL pada International Education Centre, Inc*. (Tugas Akhir). Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara Medan.

Nurmansah, Ary Prabowo. 2012. *Sistem Monitoring Data Tinggi Permukaan Air Sungai Secara Real Time Berbasis Web*. (Skripsi). Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

PHP, 2004. *Php reference manual*. Website internet,

Pujantoko, Yoga. 2009. *Pembuatan Website SMA Negeri 1 Pracimantoro Menggunakan PHP dan MySQL*. (Tugas Akhir). Program Diploma III Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.

- Riyanto dan Wiyagi, Rama Okta. 2011. *Sistem Monitoring Suhu Ruang Server Berbasis Web dengan Menggunakan EZ430*. Jurnal Ilmiah Elite Elektro, Vol. 2, No. 1, Maret 2011: 50-54.
- Rijal, Ahmad Khoirul. 2010. *Sistem Informasi Akademik Berbasis Web pada Mts Al-Muawanah Kecamatan Curug Kabupaten Tangerang*. (Skripsi). Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Sidik, Betha. 2004. *Pemrograman Web dengan PHP*. Informatika: Bandung.
- Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sofyan, A. 2001. *Membangun linux sebagai internet/intranet server*. Andi offset, Yogyakarta.
- Stalling, W. 1990. *Network Security Essentials: Applications and standards*. Prentice hall.
- Sugiharto, Ign. 2011. *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara dan Air*. CV. Andi Offset. Yogyakarta.
- Wardhana, W.A, 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Yogyakarta.
- Wilyusdinik, Richa. 2012. *Realisasi Alat Ukur Particulate Matter (PM) Gas Buang Kendaraan Bermotor Menggunakan Sensor Fotodioda*. (Skripsi). Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung, Lampung.
- Winsen Zhengzhou Electronics Technology Co., Ltd. 2016. *Laser Dust Module (Model: ZH03A)*. China

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sarana transportasi saat ini sangat dibutuhkan bagi masyarakat yang melakukan aktivitas perjalanan di luar rumah. Kebutuhan sarana transportasi tersebut memacu laju pertumbuhan kendaraan bermotor yang semakin meningkat, sehingga konsumsi bahan bakar juga mengalami peningkatan yang berujung pada bertambahnya jumlah pencemaran yang dilepaskan ke udara. Semua kendaraan bermotor yang dioperasikan akan mengeluarkan gas buang. Gas buang yang dilepaskan bebas ke atmosfer akan bercampur dengan udara segar. Dalam gas buang terkandung bahan yang berbahaya bagi kesehatan dan mencemarkan udara segar yang ada di atmosfer. Dampak terhadap kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara akan terakumulasi dari hari ke hari, dalam jangka waktu lama apabila melebihi ambang batas yang ditentukan akan berakibat pada berbagai gangguan kesehatan pada manusia, seperti *bronchitis*, *emphysema*, dan kanker paru-paru serta gangguan kesehatan lainnya.

Udara mempunyai arti yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup dan keberadaan benda lainnya. Sehingga udara merupakan sumber daya alam yang harus dilindungi untuk kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Polusi udara akibat dari peningkatan penggunaan jumlah kendaraan bermotor yang mengeluarkan gas-gas berbahaya akan sangat mendukung terjadinya pencemaran udara dan salah satu akibatnya adalah adanya pemanasan

global. Pencemaran udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti.

Partikulat adalah padatan atau liquid di udara dalam bentuk asap, debu, dan uap yang dapat tinggal di atmosfer dalam waktu yang lama. Di samping mengganggu estetika, partikel berukuran kecil di udara dapat terhisap ke dalam sistem pernafasan dan dapat menyebabkan penyakit gangguan pernafasan dan kerusakan paru-paru. Partikulat juga merupakan sumber utama haze (kabut asap) yang menurunkan visibilitas. Partikel yang terhisap ke dalam sistem pernafasan akan disisihkan tergantung dari diameternya. Partikel berukuran besar akan tertahan pada saluran pernafasan atas, sedangkan partikel kecil (*inhalable*) akan masuk ke paru-paru dan bertahan di dalam tubuh dalam waktu yang lama.

Partikel *inhalable* adalah partikel dengan diameter di bawah 10 μm (PM10) dan kurang dari 2,5 μm didalam rumah (PM2,5) diyakini oleh para pakar lingkungan dan kesehatan masyarakat sebagai pemicu timbulnya infeksi pernafasan, karena partikel padat PM10 dan PM2,5 dapat mengendap pada saluran pernafasan daerah bronki dan alveoli. Bahan partikel PM10 dapat terdeposisi diluar rumah dan PM2,5 didalam rumah, karena pengaruh angin. PM10 diketahui dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dan pernafasan, pada konsentrasi 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat memperparah kondisi penderita bronkhitis. Toksisitas dari partikel *inhalable* tergantung dari komposisinya.

Untuk mengontrol akan kualitas udara diperlukan sebuah alat yang dapat mengukur banyaknya bahan partikulat dalam gas kendaraan, sehingga kita dapat mengetahui kendaraan yang mengeluarkan bahan partikulat yang melewati batas maksimumnya. Pada penelitian ini tidak menggunakan mikrokontroler sebagai pengendalinya. Alat yang dirancang ini dapat mengukur kadar *Particulate Matter* (PM10) dan *Particulate Matter* (PM2,5) dengan jarak jauh menggunakan sistem wireless dan akses internet sebagai bagian akuisisi datanya. Hasil yang diharapkan adalah sebuah alat ukur kadar *particulate matter* PM10 dan PM2,5 dilingkungan perkotaan yang padat transportasinya secara realtime berbasis cloud computing yang mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat. Perubahan tegangan yang didapat dari keluaran alat ukur akan dibandingkan dengan perubahan massa yang terukur dengan menggunakan kertas gravimetric. Sehingga dapat ditarik suatu hubungan antara perubahan massa dengan tegangan yang didapat dari alat ukur tersebut. Pentingnya pemantauan lingkungan PM10 dan PM25 memanfaatkan web dan seluler sebagai sarana informasi data secara langsung dan realtime dengan serial IP.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang sebuah sistem elektronika yang mampu mengukur kadar *Particulate Matter* (PM) dalam gas buang kendaraan?
2. Bagaimana hubungan perubahan tegangan dengan penambahan massa PM10 dan PM2,5?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat perancangan sistem instrumentasi pengukuran partikulat meter jarak jauh menggunakan sistem wireless dan access internet.
2. Membandingkan akurasi hasil pengukuran menggunakan alat dengan metode konvensional secara manual.
3. Membuat alat yang dapat diakses secara langsung menggunakan jaringan internet.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tersedianya sistem instrumentasi pengukuran partikulat meter jarak jauh menggunakan sistem wireless dan access internet.
2. Diketuainya kadar PM10 dan PM2,5 pada udara ambient di lingkungan.
3. Diketuainya perubahan PM10 dan PM2,5 yang terukur secara realtime dengan interval waktu yang dapat ditentukan.

E. Batasan Masalah

Berikut beberapa batasan masalah pada penelitian.

1. Komunikasi data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan internet.
2. Pengambilan data dilakukan di dua titik pada waktu siang sampai malam hari secara realtime berbasis cloud computing.
3. PM yang diukur berasal dari gas buang kendaraan yang akan diukur menggunakan sensor Laser Dust ZH03A.
4. Pembahasan tentang prinsip kerja secara umum.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Penelitian tentang pengukuran partikulat meter telah dilakukan oleh Richa Wilyusdinik (2012) yaitu Realisasi Alat Ukur Particulate Matter (PM) Gas Buang Kendaraan Bermotor Menggunakan Sensor Fotodioda. Dalam realisasi alat ukur partikulat matter (PM) digunakan sensor intensitas cahaya untuk mendeteksi perubahan fisis ke bentuk tegangan. Sensor terdiri atas LED dan fotodioda yang terpisah dengan jarak 0,5 cm dan tegangan keluarannya diperkuat oleh op-amp 741. Proses pengambilan data PM dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran dari kertas GF/A yang telah menampung PM dari gas buang kendaraan dengan waktu yang telah ditentukan (5 menit, 7 menit, 10 menit, 12 menit dan 15 menit). Pengambilan data dengan variasi waktu menunjukkan peningkatan masa PM juga menunjukkan keterbatasan kondisi kertas GF/A yang mudah rusak/robek ketika pengambilan data dilakukan lebih dari 15 menit. Sedangkan variasi jenis kendaraan menunjukkan jenis kendaraan 2 tak cenderung lebih tinggi disbanding dengan kendaraan 4 tak dengan perubahan selisih tegangan antara 0,014 – 0,090 volt serta kendaraan berbahan bakar solar lebih tinggi disbanding kendaraan berbahan bakar premium dengan perubahan selisih tegangan antara 0,034–0,080 volt.

Penelitian tentang penggunaan *internet* baik sebagai sistem *monitoring* maupun sebagai sistem kontrol jarak jauh sudah banyak dilakukan salah satunya yang dilakukan oleh Mera Kartika Delimayanti dan Iwa Sudrajat (2008), berupa rancang bangun sistem *monitoring* dan pengontrolan ketinggian air berbasis *web*. Sistem ini terdiri dari sebuah jaringan yang terdapat *unit* kontrol/*Local Control Unit* (LCU) berbasis mikrokontroler AT89S52, komputer *server*, dan komputer *client* sebagai terminal. Dalam *unit* LCU terdapat sensor ultrasonik yang mendeteksi ketinggian air. Data pembacaan sensor tersimpan dalam basis data komputer *server* dalam sebuah jaringan terdistribusi. Pengontrolan dan *monitoring* sistem dapat dilakukan memanfaatkan aplikasi perangkat lunak berbasis *web* di *client* maupun di *server* dengan tampilan yang interaktif. Aplikasi berbasis *web* dibuat dengan PHP sebagai *middleware*, MySQL sebagai RDBMS dan Apache pada *web server* yang bekerja dalam jaringan *Internet*. Autentikasi pengguna digunakan untuk membatasi kewenangan *client* yang berhak melakukan pengontrolan, sedangkan fungsi *monitoring* dapat dilihat oleh setiap *client* dan ditampilkan sesuai dengan keadaan *real-time*. Sistem pengamanan lain yang digunakan ialah *firewall* pada komputer *server* dan data dapat di *back-up* didalam dokumen .pdf untuk mengetahui data aktifitas pengontrolan dan *monitoring* dalam periode tertentu.

Riyanto dan Rama Okta Wiyagi (2011) membuat sistem *monitoring* suhu berbasis *web* dengan menggunakan EZ430 yang digunakan untuk memantau suhu suatu ruangan *server*. Sistem ini terdiri atas perangkat keras yaitu sebuah sensor node EZ430 yang menghasilkan keluaran data suhu analog yang kemudian oleh node EZ430 data akan dikonversi menjadi data digital sebagai masukan data suhu

ke RF *access point*. Data akan dikirimkan secara serial dan di simpan pada *database server*. Seluruh proses komunikasi data ditangani oleh perangkat lunak pada node EZ430 yang menggunakan bahasa assembly read51 dan untuk *interface converter* menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic sebagai kontrol *visual* dan tampilan data secara berkala menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *database MySQL*. Sistem *monitoring* suhu ruangan dapat memantau suhu ruangan *server* serta mentransmisikan data perubahan suhu ruangan yang ditampilkan melalui aplikasi *web*.

Ary Prabowo Nurmansah (2012), merancang sebuah sistem untuk *monitoring* data ketinggian permukaan air sungai yang berasal dari dua buah sensor secara *real time* berbasis *web*. Proses pemasukan data ketinggian air ke PC *server* dilakukan dengan mengubah data serial dari hasil *interfacing* menjadi data digital (USB) yang masuk PC *server* pada *port* USB menggunakan konverter USB to RS232. Data yang masuk akan dibaca dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6.0, selanjutnya data akan disimpan kedalam *database MySQL*. Selanjutnya program PHP akan membaca data dan mengolahnya menjadi sebuah grafik secara *real time* setiap 5 detik. Didalam sistem ini terdapat tingkatan status dari ketinggian air yang meliputi aman (0 cm - 209 cm), waspada (210 cm - 239 cm) dan awas (240 cm - 270 cm).

B. Pencemaran Udara

Pencemaran udara merupakan kondisi terjadinya perubahan (pengurangan atau penambahan komposisi udara) dibandingkan keadaan normal dalam waktu, tempat dan konsentrasi tertentu sedemikian rupa sehingga membahayakan

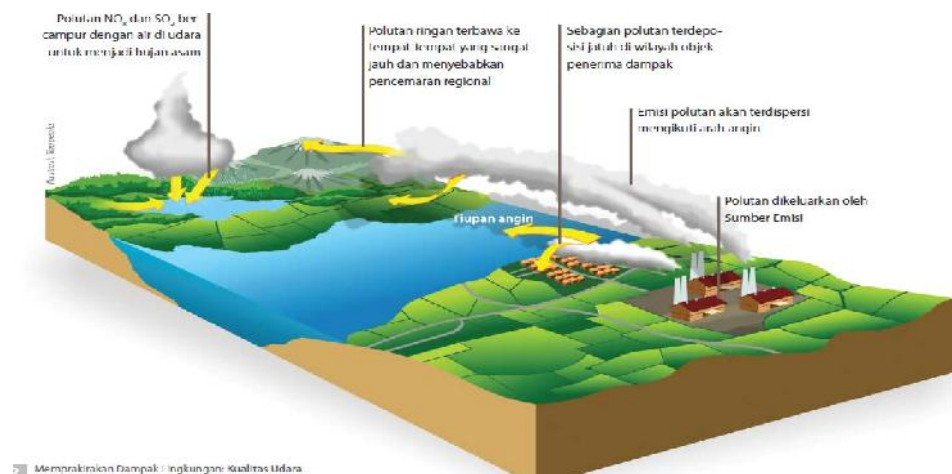
kehidupan dan kesehatan masyarakat. Menurut PP No. 41 Tahun 1999, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pencemaran udara dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda tingkatan dan jenisnya, tergantung dari macam, ukuran dan komposisi kimianya. Gangguan tersebut terutama terjadi pada fungsi faal dari organ tubuh seperti paru-paru dan pembuluh darah, iritasi pada mata dan kulit. Pencemaran udara karena partikel debu biasanya menyebabkan penyakit pernapasan seperti bronkhitis, asma, kanker paru-paru. Gas pencemar yang terlarut dalam udara dapat langsung masuk ke dalam paru-paru dan selanjutnya diserap oleh sistem peredaran darah (Kemenlh, 2007).

C. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami (natural) dan aktivitas manusia (kegiatan antropogenik). Sumber pencemaran alami adalah letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu spora tumbuhan dan lain sebagainya sedangkan pencemaran udara aktivitas manusia secara kuantitatif sering lebih besar seperti transportasi, industri, pertambangan dari sampah baik akibat dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga (Soedomo, 2001).

Sumber polusi utama berasal dari transportasi di mana hampir 60 % dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15 % terdiri dari hidrokarbon. Sumber-sumber polusi lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain (Fardiaz, 2003).

Polutan primer yang diemisikan oleh suatu sumber emisi akan mengalami berbagai reaksi fisik dan kimia dengan adanya faktor meteorologi seperti sinar matahari, kelembaban dan temperatur. Berbagai reaksi yang terjadi juga dapat menyebabkan terbentuknya beberapa jenis polutan sekunder (lihat gambar 2.1). Akibat dorongan angin, polutan akan terdispersi (tersebar) mengikuti arah angin tersebut. Sebagian polutan dalam perjalanannya dapat terdeposisi (*deposited*) atau mengendap ke permukaan tanah, air, bangunan, dan tanaman. Sebagian lainnya akan tetap tersuspensi (*suspended*) di udara. Seluruh kejadian tersebut akan mempengaruhi konsentrasi polutan-polutan diudara ambien atau dengan kata lain mengubah kualitas udara ambien (Kemenlh, 2007).



Gambar 2.1. Memprakirakan Dampak Lingkungan Kualitas Udara (Sumber: Kemenlh, 2007)

Didaerah perkotaan dan industri, parameter bahan pencemar yang perlu diperhatikan dalam hubungannya dengan penyakit saluran pernapasan adalah parameter gas SO_2 , gas CO , gas NO_2 dan partikel debu (Holzworth & Cormick, 1976:690). Sumber bahan pencemar udara menentukan jenis bahan pencemarnya. Hal ini dapat terlihat pada table 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1. Sumber Bahan Pencemar yang Menghasilkan Bahan Pencemar Udara

Sumber Pencemar		Bahan Pencemar					
		HC	CO ₂	CO	SO ₂	NO	NO ₂
Sumber Stasioner	Proses Industri	+	+	+	+	+	+
Sampah Padat		+	+	+	+	+	+
Pembakaran Sisa Pertanian		+	+	+	-	+	+
Transportasi		+	+	+	+	+	+
Bahan Bakar minyak	Bahan bakar gas	-	+	-	-	-	-
alam Bahan bakar kayu	Insinerator	-	+	-	-	+	+
Kebakaran hutan		+	+	+	-	+	+

Sumber: Urone (1976); NadaKavukaren (1986); Esmem (1989); Graedel & Crutzen (1989); Masters (1991) dalam Mukono (1997)

Keterangan: + = menghasilkan, - = tidak menghasilkan

Pencemar udara primer adalah semua pencemar yang langsung dilepas oleh sumber dan belum mengalami perubahan. Pencemar udara primer mencakup sekitar 90 % dari jumlah polutan udara seluruhnya. Pencemar udara sekunder adalah pencemar udara primer yang mengalami perubahan di udara akibat reaksi fotokimia atau oksida katalis dengan adanya faktor meteorology, seperti sinar matahari, kelembaban dan temperatur. Akibat dorongan angin, polutan akan terdispersi (tersebar) mengikuti arah angin tersebut. Sebagian polutan dalam perjalanannya dapat terdeposisi (*deposited*) atau mengendap ke permukaan tanah, air, bangunan, dan tanaman. Sebagian lainnya akan tetap tersuspensi (*suspended*) diudara. Seluruh kejadian tersebut akan mempengaruhi konsentrasi pencemar diudara ambien sehingga mengubah kualitas udara ambien. Bahan pencemar udara atau polutan dibagi menjadi dua bagian (Mukono,1997):

1. Polutan Primer

Polutan primer adalah polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu dan dapat berupa:

a. Gas, terdiri dari :

- Senyawa karbon, yaitu hidrokarbon, hidrokarbon teroksidasi dan karbon oksida (CO atau CO₂)
- Senyawa sulfur, yaitu sulfur oksida
- Senyawa nitrogen, yaitu nitrogen oksida dan amoniak
- Senyawa halogen, yaitu fluor, klorin, hydrogen klorida, hidrokarbon terklorinasi dan bromin.

b. Partikel

Partikel dalam atmosfer mempunyai karakteristik spesifik, dapat berupa zat padat pun suspensi aerosol cair. Bahan partikel tersebut dapat berasal dari proses kondensasi, proses disperse misalnya proses menyemprot (*spraying*), maupun proses erosi bahan tertentu. Asap (*smoke*) seringkali dipakai untuk menunjukkan campuran bahan partikulat (*particulate matter*), uap (*fumes*), gas dan kabut (*mist*). Adapun yang dimaksud dengan:

- Asap adalah partikel karbon yang sangat halus (sering disebut sebagai jelaga) dan merupakan hasil dari pembakaran yang tidak sempurna.
- Debu adalah partikel padat yang dapat dihasilkan oleh manusia atau alam dan merupakan hasil dari proses pemecahan suatu bahan.
- Uap adalah partikel bentuk gas yang merupakan hasil dari proses

sublimasi, distilasi atau reaksi kimia

- Kabut adalah partikel cair dari reaksi kimia dan kondensasi uap air.

2. Polutan Sekunder

Polutan sekunder biasanya terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia dari udara, misalnya reaksi fotokimia. Sebagai contoh adalah disosiasi NO₂ yang menghasilkan N dan O radikal. Proses kecepatan dan arah reaksinya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- Konsentrasi relatif dari bahan reaktan
- Derajat fotoaktivasi
- Kondisi iklim
- Topografi lokal dan adanya embun

Polutan sekunder ini mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil. Termasuk dalam polutan sekunder ini adalah ozon, *Peroxy Acyl Nitrat (PAN)* dan *Formaldehid*. Toksisitas polutan tersebut berbeda-beda. Pada table 2.2. menyajikan toksisitas relative masing-masing polutan tersebut. Polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel, diikuti berturut-turut oleh NO_x, SO_x, Hidrokarbon dan yang paling rendah toksisitasnya adalah Karbon Monoksida (CO).

Tabel 2.2. Toksisitas Polutan Udara

Polutan	Level Toleransi		Toksisitas Relatif
	Ppm	µg/m ³	
CO	32,0	40000	1.00
HC	-	19300	2.07
Sox	0.50	1430	28.0
NOx	0.25	514	77.8
Partikel	-	375	106.7

Sumber: Babcock (1971) dalam Fardiaz (2003)

D. Bahan Pencemar dan Dampaknya

Dampak pencemaran udara saat ini merupakan masalah serius yang dihadapi oleh Negara-Negara Industri. Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran udara ternyata sangat merugikan sebab tidak hanya mempunyai akibat langsung terhadap kesehatan manusia tetapi juga dapat merusak lingkungan seperti hewan, tanaman, bangunan gedung dan lain sebagainya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Amerika pada tahun 1980, kematian yang disebabkan oleh pencemaran udara mencapai angka kurang lebih 51.000 orang. Menurut para ahli pada sekitar tahun 2000 an kematian yang disebabkan yang disebabkan oleh pencemaran akan mencapai angka 57.000 orang pertahunnya. Selain itu kerugian materi yang disebabkan oleh pencemaran udara apabila dikur dengan uang dapat mencapai sekitar 12-16 juta US dolla pertahun (Wardhana, 2004).

Dampak emisi udara bergantung pada jenis pencemar, ciri pelepasannya serta sifat lingkungan sipenerima. Partikulat dan berbagai emisi gas harus dikendalikan mengingat keduanya dapat membahayakan kesehatan pribadi atau kesehatan flora dan fauna lingkungan, menimbulkan kekhawatiran diantara masyarakat setempat, membahayakan operasi yang aman atau untuk debu, meningkatkan tingkat keausan mesin yang bergerak. Debu serta bau bisa mengganggu dan menimbulkan keluhan. Kualitas udara dipengaruhi oleh konsentrasi sejumlah besar zat yang mungkin ada, beberapa terjadi secara alami dan lainnya karena kegiatan manusia. Pencemar yang dikeluarkan dari penambangan dan kegiatan terkait terdiri dari gas dan partikel primer (misalnya debu). Partikel sekunder terbentuk di atmosfer karena reaksi yang melibatkan pencemar utama nonpartikel, contohnya pembentukan dalam kepulan dari

partikel sulfat dari emisi sulfur dioksida. Bahan pencemar partikulat diudara berupa partikel padat debu, suspensi, cairan berupa kabut, lahan, debu Pb, debu asbes dan tetesan asam sulfat yang menyebabkan kurangnya daya pandang dan menyerap sinar matahari. Partikulat ini menyebabkan korosi terhadap alat dan mesin dunia industri, terjadinya erosi gedung-gedung dan gangguan saluran pernapasan manusia. Partikulat yang dihasilkan oleh industri kendaraan bermotor dapat memberi dampak negatif terhadap kesehatan manusia seperti bronchitis (Suharto, 2011).

Berubahnya kualitas udara akan menyebabkan timbulnya beberapa dampak lanjutan, baik terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya, aspek estetika udara, keutuhan bangunan, dan lainnya. Dalam bidang kesehatan, udara yang tercemar dapat menimbulkan insiden penyakit saluran pernapasan meningkat seperti Infeksi saluran Pernafasan Akut (ISPA), TBC, memperberat penderita penyakit jantung dan asma, meningkatkan kasus alergi bagi yang hipersensitif terhadap polutan tertentu dan meningkatkan kasus kanker terutama kanker paru.

Tumbuhan di daerah berkualitas udara buruk dapat mengalami berbagai jenis penyakit. Hujan asam menyebabkan daun memiliki bintik-bintik kuning. Hujan asam akan menurunkan pH air sehingga kemudian meningkatkan kelarutan logam berat misalnya merkuri (Hg) dan seng (Zn). Akibatnya, tingkat bioakumulasi logam berat di hewan air bertambah. Penurunan pH juga akan menyebabkan hilangnya tumbuhan air dan mikroalga yang sensitif terhadap asam. Beberapa contoh gangguan estetika udara ambien adalah bau tidak enak, debu-debu beterbangan dan udara berkabut. Bau tidak enak dapat ditimbulkan oleh

emisi gas-gas sulfida, amoniak, dan lainnya. Udara berasap kabut (asbut) atau *smoke and fog (smog)* akan mengurangi jarak pandang (*visibility*) kita. Hal ini sangat membahayakan keselamatan pengendara mobil dan motor, selain juga keselamatan penerbangan. *Smog* atau asbut umumnya disebabkan oleh adanya reaksi fotokimia dari senyawa organik volatil (VOC atau *volatile organic compounds*) dengan NO_x.

Akumulasi CO₂, metana, dan N₂O dapat membentuk lapisan tipis ditroposfir. Pantulan panas matahari akan terhambat sehingga suhu bumi pun meningkat (*global warming*). Senyawa *chlorofluorocarbon* (CFC) dapat menjangkau lapisan stratosfer dan memecah molekul-molekul ozon. Kerusakan lapisan ozon di stratosfer menyebabkan sinar UV-B matahari tidak terfilter dan masuk ke permukaan bumi sehingga dapat mengakibatkan kanker kulit pada manusia yang terpapar sinar itu.

Dampak terhadap kondisi iklim umumnya digolongkan sebagai dampak skala makro. Jangkauannya mencapai ribuan kilometer lebih. Dampak skala makro umumnya disebabkan oleh unsur-unsur polutan yang relative stabil, seperti CO₂, metana, dan CFC. Dampak terhadap kesehatan manusia, aspek estetika, dan keutuhan bangunan umumnya terjadi dalam skala mikro dan skala meso yang jangkauan dampaknya dapat mencapai ratusan kilometer.

E. Partikel

a. Sifat dan Karakteristik

Partikel didefinisikan sebagai partikel-partikel kecil yang berasal dari padatan maupun cairan yang tersuspensi dalam gas (udara). Partikel padatan atau cairan ini umumnya merupakan campuran dari beberapa materi organik dan

non organik seperti asam (partikel nitra atau sulfat), logam ataupun partikel debu dan tanah. Beberapa partikel seperti debu, kotoran ataupun asap cukup besar dan cukup hitam untuk dapat dilihat oleh mata. Sementara beberapa partikel yang lain tidak dapat dilihat oleh mata telanjang melainkan harus melalui mikroskop electron. Ukuran partikel sangatlah penting untuk diketahui karena akan mempengaruhi dampak partikel tersebut terhadap manusia dan lingkungan. *Total Suspended Particulate* (TSP) adalah partikel berdiameter 100 mikrometer atau lebih kecil yang bersifat tersuspensi diudara. PM₁₀ adalah partikel yang berukuran 10 mikrometer atau lebih kecil sementara PM_{2.5} adalah partikel yang berukuran 2,5 mikrometer atau lebih kecil (Pussarpedal, 2011).

Berdasarkan uraian tersebut di atas maka partikel meliputi berbagai macam bentuk yang dapat berupa keadaan-keadadan berikut ini (Wardhana, 2004):

1. Aerosol adalah istilah umum yang menyataka adanya partikel yang terhambur dan melayang di udara.
2. Fog atau kabut adalah aerosol yang berupa butiran-butiran air yang berada di udara.
3. Smoke atau asap adalah aerosol yang berupa campuran antara butir padatan dan cairan yang terhambur melayang di udara.
4. Dust atau debu adalah aerosol yang berupa butiran padat yang terhambur dan melayang di udara karena adanya hembusan angin.
5. Mist artinya mirip dengan kabut. Penyebabnya adalah butiran-butiran zat cair yang terhambur dan melayang di udara.
6. Fume artinya mirip dengn asap hanya saja penyebabnya adalah aerosol yang berasal dari kondensasi uap panas (khususnya uap logam).

7. Plume adalah asap yang keluar dari cerobong asap suatu industri (pabrik).

8. Haze adalah setiap bentuk aerosol yang mengganggu pandangan di udara

Polutan partikel masuk kedalam tubuh manusia terutama melalui sistem pernafasan, oleh karena itu pengaruh yang merugikan langsung terutama terjadi pada sistem pernafasan. Faktor yang berpengaruh terhadap sistem pernafasan terutama adalah ukuran partikel karena ukuran partikel yang menentukan seberapa jauh penetrasi partikel ke dalam sistem pernafasan. Sistem pernafasan mempunyai beberapa sistem pertahanan (Fardiaz, 2003).

Partikel-partikel yang masuk dan tertinggal didalam paru-paru mungkin berbahaya bagi kesehatan karena 3 hal penting yaitu:

- 1) Partikel tersebut mungkin beracun karena sifat-sifat kimia dan fisiknya.
- 2) Partikel tersebut mungkin bersifat inert (tidak bereaksi) tetapi jika tertinggal didalam saluran pernafasan dapat mengganggu pembersihan bahan- bahan lain yang berbahaya.
- 3) Partikel- partikel tersebut mungkin dapat membawa molekul- molekul gas yang berbahaya baik dengan cara mengabsorpsi atau mengadsorpsi, sehingga molekul-molekul gas tersebut dapat mencapai dan tertinggal di bagian paru-paru yang sensitif. Karbon merupakan partikel yang umum dengan kemampuan yang baik untuk mengabsorpsi molekul-molekul gas pada permukaannya.

Partikel berukuran 10 mikron menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan bagian atas dan menyebabkan iritasi. PM_{2.5} dapat menyebabkan dampak yang lebih berbahaya terhadap kesehatan bukan saja karena ukurannya yang memungkinkan untuk terhisap dan masuk lebih ke dalam sistem pernapasan

juga karena sifat kimiawinya. Partikel sulfat yang nitrat yang *inhalable* serta bersifat asam dan bereaksi langsung di dalam sistem pernapasan, menimbulkan dampak yang lebih berbahaya daripada partikel kecil yang tidak bersifat asam (Mukono, 2006).

Partikel sebagai pencemar udara mempunyai waktu hidup yaitu pada saat partikel masih melayang-layang sebagai pencemar udara sebelum jatuh ke bumi. Waktu hidup partikel berkisar sampai beberapa detik sampai beberapa bulan, sedangkan kecepatan pengendapannya tergantung pada ukuran partikel, masa jenis partikel serta arah dan kecepatan angin yang bertiup (Wardhana, 2004).

b. Dampak terhadap Kesehatan

Ukuran partikel memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan lokasi menetapnya partikel serta dampak yang ditimbulkan saat terhidap ke dalam paru-paru. Partikel yang cukup besar, misalnya yang termasuk pada TSP biasanya akan tersaring di hidung dan tenggorokan serta tidak menimbulkan efek yang berbahaya. Sementara partikel-partikel yang lebih kecil seperti PM₁₀ dan PM_{2.5} akan masuk lebih dalam ke sistem pernapasan manusia dan menyebabkan gangguan pernapasan. Beberapa penelitian menghubungkan antara paparan pencemar partikulat dan beberapa gangguan seperti berikut:

- Meningkatnya gejala gangguan pernapasan seperti iritasi, batuk-batuk dan kesulitan bernapas
- Menurunnya fungsi paru- paru
- Memperparah penyakit asma
- Menimbulkan bronchitis kronis

- Serangan jantung ringan
- Kematian dini bagi penderita penyakit jantung dan paru-paru

Partikel yang terhisap ke dalam sistem pernapasan akan disisihkan tergantung dari diameternya. Partikel berukuran besar akan tertahan pada saluran pernapasan atas, sedangkan partikel kecil (*inhalable*) akan masuk ke paru-paru dan bertahan di dalam tubuh dalam waktu yang lama. Partikel *inhalable* adalah partikel dengan diameter di bawah 10 μm (PM₁₀). PM₁₀ diketahui dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dan pernapasan, pada konsentrasi 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak, sementara pada konsentrasi 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat memperparah kondisi penderita *bronchitis*. Toksisitas dari partikel *inhalable* tergantung dari komposisinya. Partikel yang mengandung senyawa karbon dapat mempunyai efek karsinogenik atau menjadi carrier pencemar toksik lain yang berupa gas atau semi gas karena menempel pada permukaannya.

Partikel *inhalable* juga dapat merupakan partikel sekunder yaitu partikel yang terbentuk di atmosfer dari gas-gas hasil pembakaran yang mengalami reaksi fisik kimia di atmosfer, misalnya partikel sulfat dan nitrat yang terbentuk dari gas SO₂ dan NO_x. Partikel sulfat dan nitrat yang *inhalable* karena berukuran kecil serta bersifat asam akan bereaksi langsung di dalam sistem pernapasan menimbulkan dampak yang lebih berbahaya (Pussarpedal, 2011). Beberapa dampak yang disebabkan oleh PM₁₀ dan PM_{2.5} diantaranya adalah:

- Berkurangnya jarak pandang yang terutama disebabkan oleh PM_{2.5}
- Timbulnya kerusakan lingkungan akibat mengendapnya partikel yang

mengandung asam pada perairan-perairan, tanah serta hutan.

- Timbulnya kerusakan bangunan atau monemum yang akan mengganggu keindahan karena beberapa partikel yang mengandung asam mampu menghancurkan beberapa jenis material.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menghubungkan antara paparan polutan partikulat terespirasi dengan beberapa kejadian penyakit saluran pernafasan. Seperti yang dilakukan oleh Mutius *et al.* di Jerman Timur, bahwa peningkatan konsentrasi partikulat, SO₂, NO_x, serta kombinasi antara ketiganya di udara ambien berhubungan dengan peningkatan risiko anak-anak mengidap penyakit saluran pernafasan bagian atas dan asma.

F. Akuisisi Data

a. Arduino

Physical computing adalah membuat sebuah sistem atau perangkat fisik dengan menggunakan software dan hardware yang sifatnya interaktif yaitu dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan merespon balik. *Physical computing* adalah sebuah konsep untuk memahami hubungan yang manusiawi antara lingkungan yang sifat alaminya adalah analog dengan dunia digital. Pada prakteknya konsep ini diaplikasikan dalam desain-desain alat atau proyek-proyek yang menggunakan sensor dan *microcontroller* untuk menerjemahkan input analog ke dalam sistem software untuk mengontrol gerakan alat-alat elektro mekanik seperti lampu, motor dan sebagainya.

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat

pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory* microcontroller. Ada banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah *platform* karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi.

Processing adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk menulis program di dalam arduino. *Processing* adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dialeknya sangat mirip dengan C++ dan Java, sehingga pengguna yang sudah terbiasa dengan kedua bahasa tersebut tidak akan menemui kesulitan dengan *Processing*. Bahasa pemrograman *processing* sungguh-sungguh sangat memudahkan dan mempercepat pembuatan sebuah program karena bahasa ini sangat mudah dipelajari dan diaplikasikan dibandingkan bahasa pemrograman tingkat rendah, seperti *Assembler* yang digunakan pada *platform* lain namun cukup sulit.



Gambar 2.2. Arduino dan program

Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. Hardware → papan input/ output (I/O)
2. Software → Software Arduino meliputi IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program (Djuandi Feri, 2011).

b. Wireless

Local Area Network (LAN) merupakan jaringan yang terbentuk dari gabungan beberapa computer yang tersambung melalui saluran fisik (kabel). Seiring dengan perkembangan teknologi serta kebutuhan untuk akses jaringan yang mobile (bergerak) yang tidak membutuhkan kabel sebagai media transmisi, maka muncullah *Wireless Local Area Network* (LAN/ WLAN).

Jaringan lokal tanpa kabel atau WLAN adalah suatu jaringan area lokal tanpa kabel dimana media transmisi menggunakan frekuensi radio (RF) dan infrared (IR), untuk memberi sebuah koneksi jaringan ke seluruh pengguna dalam area disekitarnya. Area jangkauannya dapat berjarak dari ruang kelas ke seluruh kampus atau dari kantor ke kantor yang lain dan berlainan gedung. Peranti yang umumnya digunakan untuk jaringan WLAN termasuk di dalamnya adalah PC, Laptop, PDA, telepon seluler, dan lain sebagainya. Teknologi WLAN ini memiliki kegunaan yang sangat banyak. Contohnya, pengguna mobile bisa menggunakan telepon seluler mereka untuk mengakses email (Rijal, 2010).

c. Sensor Laser Dust ZH03A

Sensor ZH03 Laser Debu adalah jenis sensor ukuran kecil, menggunakan prinsip hamburan laser untuk mendeteksi partikel debu di udara, dengan selektivitas yang baik dan stabilitas. Sangat mudah untuk digunakan, dengan

output UART & output analog. Sensor ini memiliki beberapa fitur diantaranya yaitu dengan tingkat errornya nol, realtime, data yang akurat, resolusi minus dari partikel berdiameter 1.0 μ m. Adapun aplikasi dari sensor ini banyak digunakan dalam instrumen portabel, peralatan pemantauan kualitas udara, pembersih udara, sistem ventilasi, AC, dan peralatan rumah pintar. Kemudian parameter teknik dari sensor ZH03A yaitu deteksi gas (PM1, PM2,5, PM10), output (UART output (3V ttl), PWM output), waktu respon 90s, kelembapan (15%RH-80%RH), dimensi (50*32.4*21mm). Adapun bentuk dari sensor laser dust ZH03A adalah sebagai berikut



Gambar 2.3 sensor laser dust ZH03A (Winsen, 2016).

d. Pengertian Website

Website adalah kumpulan dari beberapa halaman *web* dimana informasi dalam bentuk teks, gambar, suara, dan lain-lain. Dipersentasikan dalam bentuk *hypertext* dan dapat diakses oleh perangkat lunak yang disebut dengan *browser*. Informasi pada sebuah *website* pada umumnya di tulis dalam format HTML. Informasi lainnya disajikan dalam bentuk grafis (GIF, JPG, PNG, dll), suara (AU, WAV, dll), dan objek multimedia lainnya (MIDI, *Shockwave Quicktime Movie*, *3D World*, dll) (Kamal, 2014).

Website merupakan fasilitas internet yang menghubungkan dokumen dalam lingkup lokal maupun jarak jauh. Dokumen pada *website* disebut dengan *web page* dan *link* dalam *website* memungkinkan pengguna bisa berpindah dari satu *page* ke *page* lain (*hyper text*), baik diantara *page* yang disimpan dalam server yang sama maupun server diseluruh dunia. *Pages* diakses dan dibaca melalui *browser* seperti *Netscape Navigator* atau *Interne. Exploler* berbagai aplikasi *browser* lainnya (Hakim Lukmanul, 2004).

G. MySQL

MySQL (MY Structure Query Language) adalah salah satu *Basis Data Management System (DBMS)* dari sekian banyak *DBMS* seperti *Oracle, MS SQL, Postagre SQL, dan lainnya*. *MySQL* berfungsi untuk mengolah *Basis Data* menggunakan bahasa *SQL*. *MySQL* bersifat *open source* sehingga kita bisa menggunakannya secara gratis. *Pemrograman PHP* juga sangat mendukung atau mensupport dengan *Basis Data MySQL* (Anhar, 2010).

Sedangkan *MySQL* merupakan *Basis Data* yang paling digemari dikalangan programmer *web*, dengan alasan bahwa program ini merupakan *Basis Data* yang sangat kuat dan cukup stabil untuk digunakan sebagai media penyimpanan data (Sidik, 2004). Sebagai sebuah *Basis Data server* yang mampu untuk memenajemen *Basis Data* dengan baik, *MySQL* terhitung merupakan *Basis Data* yang paling digemari dan paling banyak digunakan dibanding *Basis Data* lainnya. Selain *MySQL* masih terdapat beberapa jenis *Basis Data server* yang juga memiliki kemampuan yang juga tidak bisa dianggap enteng, *Basis Data* itu

adalah *Oracle* dan *PostgreSQL* (Nugroho, 2005). Gambar 2.3 menunjukkan tampilan dari MySQL.



Gambar 2.4 MySQL (Jogiyanto dkk, 2005)

H. Hypertext Markup Language (HTML)

HTML adalah sebuah bahasa *markup* yang digunakan untuk membuat sebuah halaman web dan menampilkan berbagai informasi di dalam sebuah *browser Internet*. *HTML* diciptakan oleh *Tim Berners-Lee*, seorang peneliti *CERN*. *Berners-Lee* mendasarkan *HTML* pada *Standard Generalized Markup Language*. Dokumen *HTML* pada dasarnya adalah dokumen teks yang mengandung kode-kode tag yang sesuai dengan spesifikasi *HTML*. Kode-kode tag itu nantinya diterjemahkan oleh aplikasi *browser* sehingga dokumen *HTML* tadi bisa ditampilkan sesuai dengan yang diinginkan pembuatnya. Secara umum, *HTML* memiliki empat jenis elemen yaitu:

- a. *Structural*, yaitu tanda yang menentukan level atau tingkatan sebuah teks (misalnya sebagai *heading*, paragraf, kutipan, dan sebagainya).
- b. *Presentational*, yaitu tanda yang menentukan tampilan sebuah teks (misalnya cetak tebal, miring, garis bawah, dan lain-lain).
- c. *Hypertext*, yaitu tanda yang menunjukkan *link* ke bagian lain pada teks

tersebut atau ke dokumen lain.

- d. *Widget*, yaitu tanda yang menghasilkan obyek-obyek tertentu seperti tombol, garis horisontal, dan lain-lain (Firdaus, 2009).

I. PHP

Pada awalnya *PHP* merupakan kependekan dari *Personal Home Page* (Situs Personal). *PHP* pertama kali dibuat oleh *Rasmus Lerdorf* pada tahun 1995. Pada waktu itu *PHP* masih bernama *FI (Form Interpreted)*, yang wujudnya berupa sekumpulan *script* yang digunakan untuk mengolah data *form* dari *web*. Selanjutnya *Rasmus* merilis kode sumber tersebut untuk umum dan menamakannya *PHP/ FI*. Dengan perilsan kode sumber ini menjadi *open source* (Jakung, 2013).

Pada November 1997, dirilis *PHP/FI 2.0*. pada rilis ini interpreter *PHP* sudah diimplementasikan dalam program C. Dalam rilis ini disertakan juga modul-modul ekstensi yang meningkatkan kemampuan *PHP/FI* secara signifikan. Pada tahun 1997, sebuah perusahaan bernama *Zend* menulis ulang interpreter *PHP* menjadi lebih bersih, lebih baik, dan lebih cepat. Kemudian pada Juni 1998, perusahaan tersebut merilis interpreter baru untuk *PHP* dan meresmikan rilis tersebut sebagai *PHP 3.0* dan singkatan *PHP* dirubah menjadi akronim berulang *PHP: Hypertext Preprocessing*. Pada pertengahan tahun 1999, *Zend* merilis interpreter *PHP* baru dan rilis tersebut dikenal dengan *PHP 4.0*. *PHP 4.0* adalah versi *PHP* yang paling banyak dipakai pada awal abad ke-21. Versi ini banyak dipakai disebabkan kemampuannya untuk membangun aplikasi *web* kompleks tetapi tetap memiliki kecepatan dan stabilitas yang tinggi (PHP, 2004). Pertengahan tahun 1999, *Zend* merilis *interpreter* baru dan rilis tersebut dikenal dengan *PHP*

4.0. PHP 4.0 adalah versi PHP yang paling banyak dipakai pada awal abad ke-21. Versi ini banyak dipakai disebabkan kemampuannya untuk membangun aplikasi *web* kompleks tetapi tetap memiliki kecepatan dan stabilitas yang tinggi. (Novalina, 2008).

Pada Juni 2004, *Zend* merilis *PHP 5.0*. Dalam versi ini, inti dari interpreter *PHP* mengalami perubahan besar. Versi ini juga memasukkan model pemrograman berorientasi objek kedalam *PHP* untuk menjawab perkembangan bahasa pemrograman kearah paradigma berorientasi objek (ITC Bidang Kemahasiswaan Universitas Negeri Semarang, 2009). *PHP* memiliki empat kelebihan utama yang menarik minat banyak pengguna, diantaranya sebagai berikut:

1. Bahasa pemrograman *PHP* adalah sebuah bahasa *script* yang tidak melakukan sebuah kompilasi dalam penggunaannya.
2. *Web Server* yang mendukung *PHP* dapat ditemukan dimana-mana dari mulai *apache*, *IIS*, *Lighttpd*, *nginx*, hingga *Xitami* dengan konfigurasi yang relatif mudah.
3. Dalam sisi pengembangan lebih mudah, karena banyaknya milis-milis dan *developer* yang siap membantu dalam pengembangan.
4. Dalam sisi pemahaman, *PHP* adalah bahasa *scripting* yang paling mudah karena memiliki referensi yang banyak.
5. *PHP* adalah bahasa open source yang dapat digunakan di berbagai mesin (*Linux*, *Macintosh*, *Windows*) dan dapat dijalankan secara runtime melalui console serta juga dapat menjalankan perintah-perintah sistem (Dayat, 2009).

J. Web Server

Web server adalah sebuah perangkat lunak *server* yang berfungsi menerima permintaan *HTTP* atau *HTTPS* dari klien yang dikenal dengan *web browser* dan mengirimkan kembali hasilnya dalam bentuk halaman- halaman *web* yang umumnya berbentuk dokumen *HTML*. *Web server* yang terkenal diantaranya adalah *Apache* dan *Microsoft Internet Information Service (IIS)*. *Apache* merupakan *web server* antar- *platform*, sedangkan *IIS* hanya dapat beroperasi di sistem operasi *Windows* (Freepascal, 2004).

Fungsi utama dari sebuah *web server* adalah memberikan halaman *web* untuk klien. Klien dalam hal ini *web browser* memulai komunikasi dengan membuat permintaan untuk suatu sumber daya tertentu menggunakan *HTTP* dan *server* merespon dengan isi dari sumber daya tersebut atau pesan kesalahan jika permintaan tidak dapat direspons oleh *server* (Dewi, 2011). Suatu saat, *web server* dapat mengalami kelebihan beban yang disebabkan oleh beberapa sebab, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Terlalu banyak lalu lintas *web* yang sah. Ribuan bahkan jutaan klien tersambung ke situs *web* dalam interval yang pendek.
- Serangan *Distributed Denial of Service (DDoS)*. *DDoS* menyebabkan permintaan terhadap suatu website menjadi tidak bisa dilayani.
- *Worms* pada komputer kadang- kadang menyebabkan lalu lintas abnormal karena jutaan komputer terinfeksi.
- *XSS viruses can cause high traffic because of millions of infected browsers and/or Web servers; virus XSS* dapat menyebabkan lalu lintas

menjadi tinggi karena jutaan *web browser* dan atau *web server* yang terinfeksi.

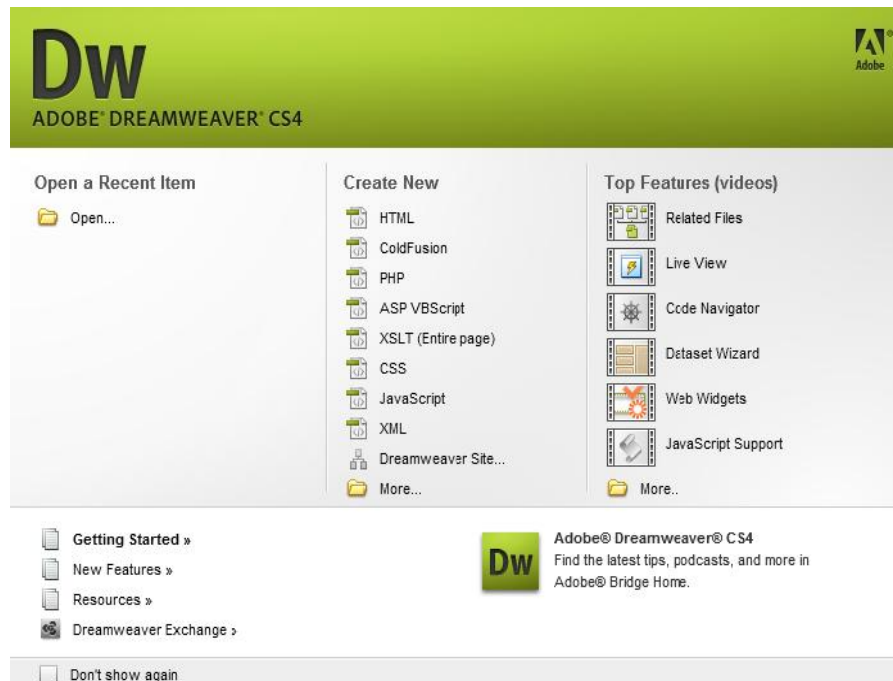
- Kecepatan internet atau jaringan melambat, sehingga permintaan klien dilayani lebih lambat dan jumlah koneksi meningkat begitu banyak melampaui batas kemampuan *server*.
- *Web server* sementara tidak bisa melayani permintaan klien. Hal ini dapat terjadi karena sedang dilakukan proses *maintenance* atau *upgrade*, kegagalan perangkat keras atau perangkat lunak (Sofya, 2001).

K. Adobe Dreamweaver CS4

Dreamweaver merupakan produk *software* Adobe yang digunakan sebagai HTML *editor* profesional untuk mendesain *web* secara *visual* dan dapat juga digunakan untuk mengelola situs atau halaman *web*. Selain itu, Dreamweaver memberikan keleluasaan untuk digunakan sebagai media penulisan bahasa pemrograman *web*. Dreamweaver banyak digunakan para *web* desainer maupun *web* programmer. Fasilitas optimal dalam jendela desain yang tersedia menjadikan program ini sebuah produk unggulan dalam memberikan kemudahan dalam mendesain *web*, tidak terkecuali bagi para *web* desainer pemula. Kemampuan dreamweaver untuk berinteraksi dengan bahasa pemrograman, seperti PHP, ASP, Java *Script*, dan sebagainya, juga merupakan fasilitas pendukung maksimal kepada para desainer *web* yang menyertakan bahasa pemrograman *web* dalam pekerjaannya.

Ruang kerja, fasilitas, dan kemampuan yang tersedia pada aplikasi Dreamweaver juga dapat meningkatkan produktivitas dan efektivitas dalam

pembuatan desain halaman *web* maupun pembangunan suatu situs *web* (Madcoms, 2009). Tahun 2008 Adobe mengeluarkan varian terbaru dari Dreamweaver, yaitu Dreamweaver CS4. Gambar 2.12 menunjukkan tampilan halaman awal pada program Dreamweaver CS4.



Gambar 2.4 Halaman awal Adobe Dreamweaver CS4

L. Web Browser

Browser adalah program aplikasi yang menterjemahkan kode *HTML* dan mempresentasikan halaman *website*. Selain itu, *web browser* dapat diartikan sebagai aplikasi yang berfungsi untuk mengambil, menyajikan, dan melintasi sumber informasi di *World Wide Web*. Sebuah sumber informasi diidentifikasi dengan *Uniform Resource Identifier (URI)* yang mengacu pada halaman *web*. Dengan adanya *hyperlink* memungkinkan pengguna untuk menavigasi *browser* mereka ke sumber daya yang terkait dengan mudah. Meskipun fungsi utama *browser* ditujukan untuk mengakses *World Wide Web*, *web browser* juga dapat

digunakan untuk mengakses informasi yang disediakan oleh *server* di jaringan lokal atau *file* dalam sistem *file* (Stalling, 1990).

Terdapat beberapa macam *web browser* yang dapat kita pakai untuk menampilkan halaman-halaman *website*. Ada 3 jenis *web browser* yang sering dipakai terutama di Indonesia, diantaranya adalah *Internet Explorer*, *Mozilla Firefox* dan *Opera* (Pujantoko, 2009).

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Elektronika Dasar dan Laboratorium Fisika Komputasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang dimulai pada bulan Juni 2016 sampai dengan Agustus 2016.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Komputer *server* sebagai komputer utama yang digunakan untuk menampung data (*database*) dan sebagai sumber akses untuk pengguna (*client*).
2. Komputer *client* digunakan untuk mengakses data dari komputer *server* melalui jaringan internet.
3. Sensor Laser dust *ZH03A* digunakan untuk mengukur partikulat udara.
4. Arduino digunakan sebagai sistem client untuk pengiriman data.
5. Catu daya digunakan sebagai sumber tegangan yang dibutuhkan pada mikrokontroler dan sensor kecepatan dan arah angin.
6. Box persegi berfungsi sebagai tempat arduino dan sensor.
7. Program arduino digunakan sebagai pemrograman mikrokontroler.

8. Adobe Dreamweaver CS4 digunakan sebagai *software editor* dalam pemrograman berbasis *web*.
9. MySQL dan PHP digunakan sebagai *database server* dan *Web Server*.
10. Modem GSM digunakan sebagai transmisi pengirim data dari sensor ke server.
11. Tripot setinggi 1 meter digunakan sebagai tiang tempat box persegi.

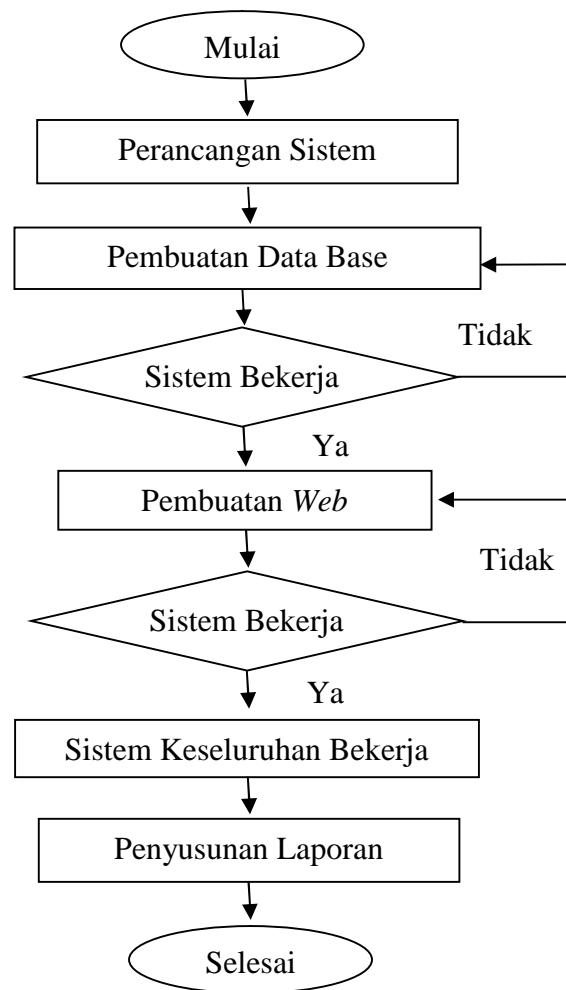
C. Prosedur Penelitian

Penentuan partikulat udara pada kawasan kota Bandar Lampung diukur dengan menggunakan sensor yang dibuat. Hasil pengukuran selanjutnya akan dikirimkan dari sensor ke pusat data (server) dengan menggunakan beragam metode seperti ethernet, jaringan WiFi atau menggunakan jaringan GSM 3D/GPRS. Setelah itu data dimasukkan ke jaringan internet sehingga dapat dilihat dengan menggunakan berbagai macam perangkat seperti Personal Computer (PC), Laptop ataupun Smartphone. Untuk mengukur akurasi dan presisi alat yang dipasang, dilakukan pengukuran kualitas udara pada waktu-waktu tertentu dengan menggunakan metode SNI. Data yang dihasilkan selanjutnya dengan menggunakan metode statistika untuk melihat apakah ada perbedaan nyata antara pengukuran dengan menggunakan prototype yang dibuat dan SNI.

Perancangan sistem monitoring data partikulat udara ini dilakukan dengan beberapa langkah kerja sebagai berikut.

1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan untuk merealisasikan sistem ini adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.

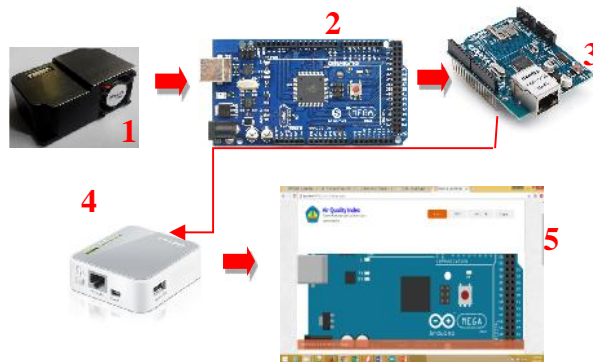


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini merupakan perancangan sistem secara menyeluruh yang dimulai dari data hasil pengukuran laser dust *ZH03A* sebagai sensor pendeteksi partikulat udara, data dari hasil pengukuran tersebut kemudian masuk ke dalam arduino dan akan langsung dikirimkan menuju *Personal Computer (PC)*, dengan memanfaatkan komunikasi ethernet RS485 yang bertujuan mengirim data sensor pada arduino ke *Personal Computer (PC)*. Untuk dapat memunculkan data dari sensor ke dalam *web*, data tersebut harus dihubungkan ke dalam *database server MySQL* yang kemudian akan dilakukan pembuatan *web* dengan *software*

editor web Adobe Dreamweaver CS4 yang sekaligus sebagai *software visual* pembuatan *web*. Diagram blok dari perancangan sistem ini secara umum ditunjukkan pada gambar 3.2.



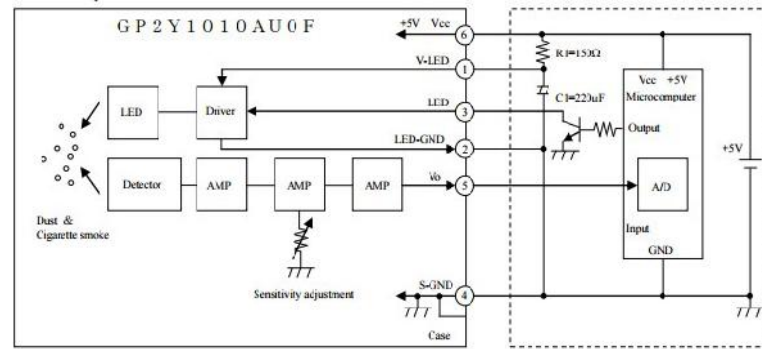
Gambar 3.2 Rancangan umum sistem

Keterangan:

1. Sensor Partikulat Meter ZH03A
2. Arduino Mega
3. Ethernet Shiel Arduino
4. Tp-Link 3020
5. Web Monitoring

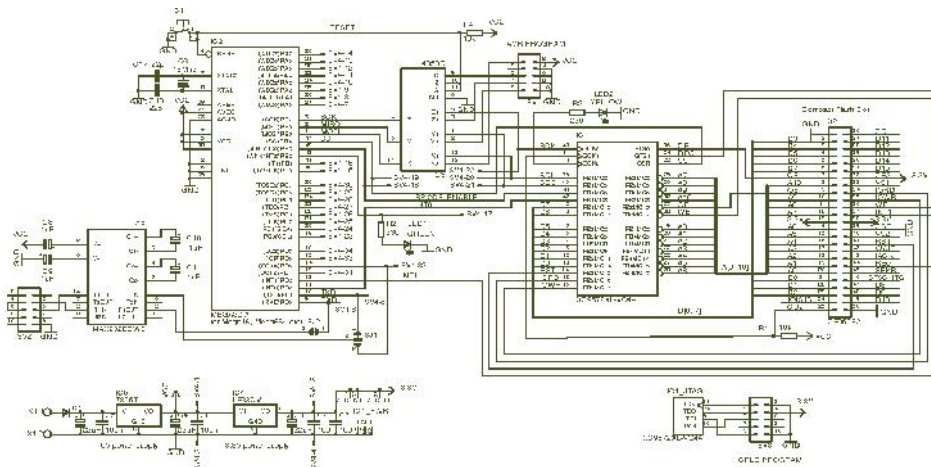
3. Sensor Laser Dust ZH03A

Sensor ZH03 Laser Debu adalah jenis sensor ukuran kecil, menggunakan prinsip hamburan laser untuk mendeteksi partikel debu di udara, dengan selektivitas yang baik dan stabilitas. Sensor ini memiliki beberapa fitur diantaranya yaitu dengan tingkat errornya nol, realtime, data yang akurat, resolusi minus dari partikel berdiameter $1.0\mu\text{m}$. Kemudian parameter teknik dari sensor ZH03A yaitu deteksi gas (PM1, PM2,5, PM10), output (UART output (3V ttl), PWM output), waktu respon 90s, kelembapan (15%RH-80%RH), dimensi (50*32.4*21mm). Berikut adalah rangkaian pada sensor laser dust ZH03A seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3. Rangkaian sensor laser dust ZH03A

Gambar 3.3 di atas kemudian di hubungkan dengan arduino dengan Schmitt Arduino Mega untuk menghasilkan output keethernet shield, selanjutnya dari output tersebut akan menjadi masukan website monitoring data.



Gambar 3.4. Rangkaian Elektronik Partikulat Meter

4. Pembuatan Web

Tahap ini dilakukan realisasi terhadap *web* yang telah dirancang sebelumnya. Setelah data hasil pembacaan web telah tersimpan dalam *database server* MySQL, selanjutnya akan dilakukan pembuatan koneksi antara MySQL dengan *software editor web* Adobe Dreamweaver CS4. Sistem *web* akan diproses pada komputer *server* menggunakan internet untuk penampilan data secara online.

Setelah pembuatan *web* selesai dan dapat berjalan dengan baik, kemudian kita tinggal menambahkan isi dari *web* yang telah kita buat dengan fitur-fitur pendukung yang kita inginkan.

5. Rancangan Data Hasil Penelitian

Data yang akan diambil pada penelitian ini ialah berupa pengukuran partikulat udara pada masing-masing sensor PM1, PM2,5, PM10 dan AQIndex. Pengujian akan dilakukan pada sensor *Laser dust ZH03A* untuk menentukan partikulat udara yang dihasilkan. Untuk mengetahui data partikulat udara maka diperlukan data informasi seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.1 Data hasil penelitian

No	Tanggal	Waktu	Data I PM 1	Data II PM2,5	Data III PM10	AQIndex

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Telah terealisasi alat ukur *partikulat meter* (PM) menggunakan sensor *laser dust ZH03A*.
2. Sensor partikulat meter dalam penelitian ini mempunyai resolusi partikel diameter 1,0 μm dengan data yang akurat secara.
3. Sistem interfacing penelitian ini dibangun menggunakan aplikasi *PHP* yang telah berhasil menghubungkan *hardware* dengan PC sehingga data hasil pengukuran dapat disimpan dalam *database MySQL*.
4. Sistem *website monitoring* data partikulat meter ini sudah masuk kedalam komputer global sehingga data hasil pengukuran dapat diakses semua pengguna.
5. Sistem *website monitoring* data *partikulat meter* ini dapat menampilkan data dalam bentuk tabel dan grafik.

B. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, saran dari penulis adalah sebagai berikut.

1. Pengukuran tidak hanya partikulat meter bisa ditambahkan dengan pengukuran SO₂, NO₂, CO, dan O₃.
2. Sistem baterai dapat dikembangkan menggunakan *solar cell* sehingga lebih ramah lingkungan.
3. Tampilan dan fitur pada *website* dapat dikembangkan lagi sehingga lebih menarik dan responsif

DAFTAR PUSTAKA

- Anhar. 2010. *PHP & MySql Secara Otodidak*. Jakarta: PT TransMedia.
- Bunafit Nugroho. 2005. *Database Relasional Dengan MySQL*. Andi, Yogyakarta.
- Dayat. 2009. Serial komunikasi dengan PHP.
- Delimayanti, Mera Kartika dan Sudrajat Iwa. 2008. *Aplikasi Pengontrolan dan Monitoring Ketinggian Air Berbasis Web*. Konferensi dan Temu Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Indonesia 21 - 23 Mei 2008, Jakarta.
- Dewi, Marsita. 2011. *Pembuatan Situs Web Almamater Perguruan Tinggi Menggunakan PHP dan MySQL*. (Tugas Akhir). Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Djuandi, Feri. 2011. *Pengenalan arduino*. Teknik elektro universitas trisakti, Jakarta.
- Drupsteen, Th G dan L. Woltgens. *Pengantar Hukum Perizinan Lingkungan*, Terjemahan M. Soetopo, penyunting Siti Sundari Rangkuti, Kerjasama hukum Indonesia – Belanda, 1996.
- Fardiaz, S. 2003. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Firdaus, Johan. 2009. *Pembuatan Website Lapkom Aplikasi Menggunakan PHP Dan MySQL*. Universitas gunadarma.
- Freepascal, 2004. *Freepascal Refence Manual*, Website Internet,
- Hartono, Rudi dan Purnomo, Agus. 2011. *Wireless Network*. D3 TI FMIPA UNS.
- ITC Bidang Kemahasiswaan Universitas Negeri Semarang. 2009. *Dasar-dasar Pemrograman Website Menggunakan HTML, PHP dan MySQL*.

Information and Communication Technology Bidang Kemahasiswaan
Universitas Negeri Semarang.

Jakung, Laurensia Kurniawati. 2013. *Aplikasi Penjualan pada Butik Sally Lovely Berbasis Web Menggunakan Program PHP*. (Tugas Akhir). Program Studi Sistem Informasi Fakultas Teknik Universitas Widyatama Bandung.

Jogiyanto. 2005. *Analisis dan Desain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Alikasi Bisnis*. Andi: Yogyakarta.

Kamal Akhyar. 2014. *Pemanfaatan RFID untuk Keamanan Ruang Gedung yang dilengkapi Pengambilan Informasi Foto dan Lokasi Karyawan*. (Tugas Akhir). Program Studi Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

KemenLH., 2007, Naskah Kebijakan Kajian Lingkungan Hidup Strategis: Mengarusutamakan Pembangunan Berkelanjutan, Jakarta: Deputi Bidang Tata Lingkungan Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia & ESP-Danida.

Kristanto, Philip.2013. *Ekologi Industri*. Penerbit CV Andi Offset. Jakarta.

Lukmanul, Hakim. 2004. *Cara Cerdas Menguasai Layout, Desain, dan Aplikasi*. PT Elex Media Komputindo Jakarta.

Madcoms Madiun. 2009. *Panduan Lengkap Adobe Dreamweaver CS4*. Andi: Yogyakarta.

Mukono, H.J. 1997. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Airlangga University Press, Surabaya.

Novalina, S Dermawani. 2008. *Aplikasi Web Dinamis Menggunakan PHP dan MySQL pada International Education Centre, Inc*. (Tugas Akhir). Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara Medan.

Nurmansah, Ary Prabowo. 2012. *Sistem Monitoring Data Tinggi Permukaan Air Sungai Secara Real Time Berbasis Web*. (Skripsi). Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

PHP, 2004. *Php reference manual*. Website internet,

Pujantoko, Yoga. 2009. *Pembuatan Website SMA Negeri 1 Pracimantoro Menggunakan PHP dan MySQL*. (Tugas Akhir). Program Diploma III Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.

- Riyanto dan Wiyagi, Rama Okta. 2011. *Sistem Monitoring Suhu Ruang Server Berbasis Web dengan Menggunakan EZ430*. Jurnal Ilmiah Elite Elektro, Vol. 2, No. 1, Maret 2011: 50-54.
- Rijal, Ahmad Khoirul. 2010. *Sistem Informasi Akademik Berbasis Web pada Mts Al-Muawanah Kecamatan Curug Kabupaten Tangerang*. (Skripsi). Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Sidik, Betha. 2004. *Pemrograman Web dengan PHP*. Informatika: Bandung.
- Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sofyan, A. 2001. *Membangun linux sebagai internet/intranet server*. Andi offset, Yogyakarta.
- Stalling, W. 1990. *Network Security Essentials: Applications and standards*. Prentice hall.
- Sugiharto, Ign. 2011. *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara dan Air*. CV. Andi Offset. Yogyakarta.
- Wardhana, W.A, 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Yogyakarta.
- Wilyusdinik, Richa. 2012. *Realisasi Alat Ukur Particulate Matter (PM) Gas Buang Kendaraan Bermotor Menggunakan Sensor Fotodioda*. (Skripsi). Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung, Lampung.
- Winsen Zhengzhou Electronics Technology Co., Ltd. 2016. *Laser Dust Module (Model: ZH03A)*. China