




---

## PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI PH AIR HUJAN BERBASIS IOT (STUDI KASUS: DESA GEDEPANGRANGO KABUPATEN SUKABUMI)

**Rizal Ardiyansyah<sup>1</sup>, Syahid Abdullah<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Nusa Putra

Email: [rizal.ardiyansyah\\_ti18@nusaputra.ac.id](mailto:rizal.ardiyansyah_ti18@nusaputra.ac.id)<sup>1</sup>

Program Studi Informatika, Universitas Siber Asia

Email: [syahidabdullah@lecture.unsia.ac.id](mailto:syahidabdullah@lecture.unsia.ac.id)<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Air hujan memiliki PH yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi lingkungannya, untuk menentukan nilai keasaman air hujan di perlukan sebuah alat pendeteksi pH seperti pH meter. Air hujan yang memiliki tingkat keasaman sangat rendah dapat menimbulkan dampak negatif bagi makhluk hidup. Indonesia merupakan negara yang memiliki curah hujan yang cukup tinggi selain itu juga Indonesia memiliki kawasan industri di daerah-daerah tertentu dan merupakan negara yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi, aktivitas industri dan pembakaran bahan bakar fosil di kendaraan dapat menghasilkan polutan di udara dan pencemaran di perairan yang dapat menjadi faktor utama terjadinya hujan asam. Internet of Things (IoT) yaitu ketika kita menyambungkan sesuatu (things) yang tidak dioperasikan oleh manusia ke internet, IoT bisa membantu masalah tersebut dengan memberikan informasi nilai pH air hujan ke pengguna dengan menggunakan jaringan internet. Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Dalam penelitian ini menggunakan sebuah mikrokontroler. Metode R&D (research and development) ini memiliki tahapan-tahapan yang akan menjadi acuan dalam penelitian. Tahapan ini mencakup pembuatan Monitoring pH air hujan serta pembuatan sistem pendeteksi ph air hujan.

**Kata Kunci :** Arduino Uno, IoT (*Internet Of Things*), PH air hujan, R&D (*Research and Development*).

#### I. PENDAHULUAN

Teknologi Informasi adalah suatu ilmu yang bisa memecahkan suatu masalah, membuka kreativitas, meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam melakukan pekerjaan. Dengan adanya teknologi informasi membuat

pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dan efisien.

Pencemaran udara dirasakan semakin hari semakin meningkat, terutama di daerah yang kepadatan lalu lintasnya cukup tinggi, serta di lokasi industri yang kurang

memperhatikan dampak yang buruk pada lingkungannya. populasi manusia dan pertumbuhan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil, merupakan faktor selanjutnya dari peningkatan polusi udara, terutama di daerah perkotaan. Sulfur, nitrogen, dan karbon merupakan senyawa yang dilepaskan ke atmosfer yang berasal dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil. Senyawa ini kemudian bereaksi dengan oksigen yang ada di atmosfer membentuk oksida sulfur, oksida nitrogen dan oksida karbon. Peningkatan konsentrasi gas-gas ini di atmosfer menyebabkan peningkatan polusi udara (Gaddamwar, 2017).

Hujan secara alami bersifat asam, dan semakin bertambah nilai keasamannya karena penambahan konsentrasi polutan di udara, Maka hujan tersebut yang dikenal dengan istilah hujan asam (Dubey, 2013).

Desa Gede pangrango merukan kawasan parawisata yang memiliki tingkat kepadatan yang tidak terlalu tinggi, namun sebagian besar penduduknya menjdai seorang petani yang dimana seorang petani memerlukan lahan tanah yang kondisinya bagus, hujan yang memiliki tingkat keasaman yang tinggi bisa mengurangi kesuburan tanah, Air hujan yang jatuh ke daratan akan meningkatkan kadar keasaman tanah dan air permukaan tanah (Bethy, 2010; Sudalma dan Purwanto, 2012).

IOT (Internet Of Things) dapat membantu masalah tersebut dengan mudahnya mendapatkan informasi tentang nilai ph air hujan maka kita bisa meminimalisir atau mencegah terjadinya hujan yang memiliki tingkat

keasaman yang tinggi dengan menjada lingkungan.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Pengertian PH

PH (Power of Hydrogen) yaitu derajat keasaman yang gunakan buat menyatakan taraf keasaman atau kebasaaan yg dimiliki oleh suatu larutan serta pula didefinisikan menjadi kologaritma aktivitas ion hidrogen yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak bisa diukur secara eksperimental, sebagai akibatnya nilainya didasarkan pada perhitungan teoretis. Skala pH bukanlah skala pasti, bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yg pH-nya ditentukan sesuai persetujuan internasional. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan suatu larutan (Fakhruzzaini & Aprilianto, 2017).

### 2.2 Proses Hujan

Hujan merupakan siklus hidrologi atau siklus air yang dikenal pula dengan kata daur ulang air merupakan aliran air yang mendeskripsikan pergerakan molekul air (H<sub>2</sub>O) dari atmosfer ke bumi serta kebalikannya, yang tidak pernah berhenti sehingga menghasilkan rangkaian melingkar perjalanan molekul air pada bumi yang disebut siklus. Hujan terbentuk bila terjadi proses kondensasi uap air yang terpisah dari awan serta jatuh ke daratan.

### 2.3 Pencemaran Udara

Pencemaran udara terjadi sebab adanya bahan kontaminasi dampak aktifitas industri yang dibuang langsung ke lingkungan. Kontaminasi

ini melebihi kemampuan lingkungan dalam mengatasi serta mengolahnya. Kontaminasi yang berlebihan ini akan menumpuk pada udara serta akan menyebabkan polusi udara. Polusi udara akibat aktifitas industri bisa berupa karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrit (NO<sub>2</sub> -), nitrat (NO<sub>3</sub> -), ammonia NH<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub> serta klorida Cl<sup>-</sup>. Udara yang tercemar ini akan berakumulasi pada atmosfer. pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang ditetapkan (UU No 3, 2009). Akumulasi akan bereaksi dengan uap air (H<sub>2</sub>O) membentuk banyak sekali asam sebagai akibatnya menyebabkan uap air di atmosfer menjadi asam. seperti SO<sub>x</sub> serta NO<sub>x</sub> di atmosfer bereaksi dengan uap air menjadi asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) serta asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) yang berbahaya bagi ekosistem pada bumi. Uap air yang tercemar membentuk awan di atmosfer dan akhirnya turun sebagai hujan ke bumi (Sudalma dan Purwanto, 2012). Hujan yang turun ke bumi yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya seperti SO<sub>x</sub>, sehingga membentuk asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) disebut sebagai hujan asam (Sudalma dan Purwanto, 2012).

#### 2.4 IOT (Internet Of Things)

IOT (Internet Of Thing) bisa didefinisikan kemampuan banyak sekali device yang bisa saling terhubung serta saling bertukar data melalui jaringan internet. IoT merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan

adanya sebuah pengendalian, komunikasi, kerjasama menggunakan berbagai perangkat keras, data melalui jaringan internet. Sehingga bisa dikatakan bahwa Internet of Things (IoT) adalah ketika kita menyambungkan sesuatu (things) yang tidak dioperasikan oleh manusia, ke internet (R. Hafid, 2017). Selain itu Internet of Things (IoT) merupakan jaringan berbagai macam sensor ataupun penginderaan yang saling melakukan komunikasi pengolahan data atau informasi, dengan komunikasi yang terdiri dari global positioning system (GPS), laser scanner, sensor infra merah, radio frekuensi identification (RFID) ataupun sistem lainnya dari internet (Momoh, 2017).

#### 2.5 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet), Arduino uno adalah sistem microcontroller pada sebuah modul berbasis ATmega328P (Choudhuri, 2017). Arduino mempunyai 14 pin input dari hasil digital dimana 6 pin input tersebut bisa dipergunakan sebagai hasil PWM serta 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. buat mendukung mikrokontroler supaya dapat dipergunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke personal komputer dengan memakai kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai buat menjalankannya, seperti pada Gambar 1. Arduino uno.



**Gambar 2.1**  
Arduino uno



**Gambar 2.2**  
Esp8266

### 2.6 Module ESP8266

Module esp8266 ialah platform yang dipergunakan buat kontrol melalui IoT (Inter Of Thing) dipergunakan sendiri juga dengan menggunakan mikrokontroler tambahan pada hal ini Arduino menjadi pengendalinya. Modul ini bisa bekerja dengan baik menjadi Access point (dapat menghasilkan hotspot) dan sebagai stasiun (dapat terhubung ke Wi-Fi), sehingga dapat dengan simpel mengambil data serta mengunggahnya ke internet menghasilkan Internet of Things mungkin. Itu pula bisa mengambil data dari internet memakai api sehingga proyek Anda bisa mengakses informasi apa pun yg tersedia di internet, sebagai akibatnya lebih pintar. Fitur menarik lainnya asal modul ini ialah dapat diprogram memakai Arduino ide yang membuat lebih ramah pengguna. tetapi versi modul ini hanya mempunyai 2 pin, Seperti gambar 2 Esp8266.

### 2.7 Sensor PH

Sensor pH adalah sensor yang digunakan untuk mengetahui derajat keasaman (Rozaq, Yulita, Setyaningsih, & Kunci, 2018). Prinsip utama kerja pH meter adalah terletak pada sensor probe berupa elektroda kaca (glass electrode) dengan jalan mengukur jumlah ion H<sup>30+</sup> di dalam larutan (Mujadin et al., 2017), seperti gambar 3 Sensor pH.

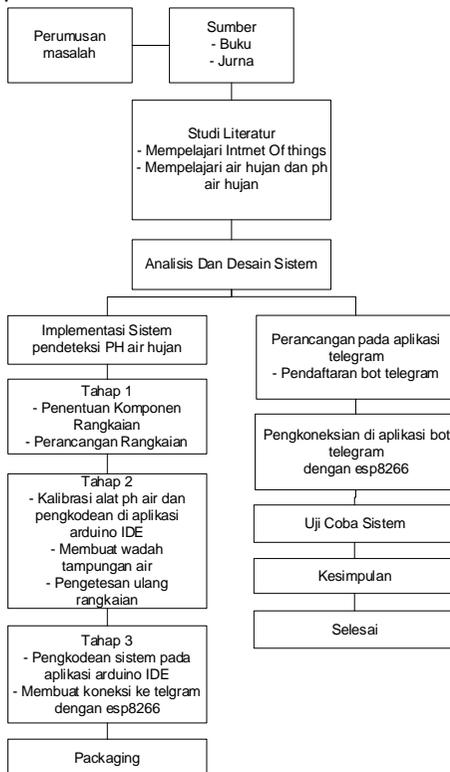


**Gambar 2.7**  
Sensor pH

### III. ANALISIS MASALAH

Dalam penelitian ini dilakukan analisa untuk membuat solusi dari masalah, untuk digunakanlah Metode yang dimana pada penelitian ini merupakan metode R&D (research and development). Metode ini memiliki tahapan-tahapan yang akan menjadi

acuan dalam penelitian. Tahapan ini mencakup pembuatan Sistem pendeteksi pH air hujan serta pembuatan aplikasi sebuah bot chat telegram. Menurut (Sugiyono, 2016) terdiri dari 6 tahapan dalam model ini yaitu : (1) mengidentifikasi potensi masalah, (2) penelitian dan pengumpulan data, (3) perancangan, (4) uji validasi desain, (5) validasi prouk dan terakhir (6) penerapan produk. Adapun gambar dari alur pengembangan model peneitian produk seperti gambar 4 Tahapan penelitian dibawah ini :



**Gambar 3.1**  
Tahapan penelitian

Berikut adalah penjelasan dari gambar 4 Tahapan penelitian:

- a. Perumusan masalah, merupakan dasar dari dilakukannya penelitian ini

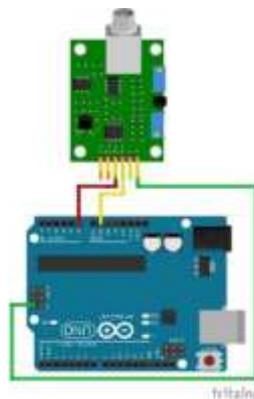
- b. Sumber, pada penelitian ini saya mengambil sumber dari berbagai literasi buku dan jurnal.
- c. Studi literatur, sebelum melakukan penelitian ini, terlebih dahulu melakukan studi dari berbagai sumber yang sudah disebutkan sebelumnya mengenai: mempelajari Internet of Things (IOT), polusi dan ph air hujan.
- d. Analisis kebutuhan sistem, pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap hal-hal yang dibutuhkan dalam sistem yang akan dibangun. Hasil analisis ini akan dijadikan acuan untuk mengembangkan alat pendeteksi ph air hujan dan aplikasi seperti apa yang akan diimplementasikan pada alat ini. Pada tahap ini dilakukan berbagai analisa terkait aplikasi apa saja yang perlu di-install juga komponen-komponen elektronika apa saja yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian ini.
- e. Desain sistem, Dari hasil analisis pada tahap sebelumnya, akan dibuat sebuah desain sistem yang digunakan dalam penelitian ini. Setelah mendapatkan komponen-komponen yang dibutuhkan, akan dibuat sebuah rancangan sistem yang mengintegrasikan antara alat pendeteksi ph air hujan dengan aplikasi Telegram. Dimulai dari rancangan rangkaian yang akan digunakan pada alat ph air hingga fungsi yang dibutuhkan pada sistem penedeteksi ph air hujan yang

- sesuai dengan tujuan penelitian ini.
- f. Implementasi, Tahap implementasi merupakan penerjemahan desain dalam bahasa yang bisa dikenali oleh komputer. Tahapan ini lah yang merupakan tahapan secara nyata dalam mengerjakan suatu sistem. Dalam artian penggunaan komputer akan dimaksimalkan dalam tahapan ini. Dalam penelitian ini implementasi dilakukan dalam algoritma pendeteksian ph air hujan dan pembuatan sebuah bot chat pada aplikasi telegram. Pada pendeteksian ph air hujan pengkodean dilakukan untuk mengambil data yang diterima oleh sensor ph air dan mengirimnya ke platform.
- g. Pembuatan alat pendeteksi ph air hujan dibagi menjadi 4 tahap,yaitu sebagai berikut:
- Tahap pertama, yaitu perancangan rangkaian. Untuk langkah awal yaitu menentukan komponen-komponen yang dibutuhkan pada rangkaian, Lalu merangkai komponen-komponen tersebut menjadi satu kesatuan rangkaian elektronika.
  - Tahap kedua, yaitu melakukan kalibrasi alat ph air dengan menggunakan larutan ph air yang sudah di ketahui ph nya. Setelah terkalibrasi lalu membuat sebuah wadah penampungan air hujan kemudian melakukan pengujian kembali alat dengan air hujan.
  - Tahap ketiga, yaitu membuat kode program pada arduino IDE,
- yang sebelumnya terlebih dahulu melakukan studi mengenai algoritma pendeteksian ph air hujan dan membuat koneksi ke esp8266.
- Tahap keempat packaging, yaitu tahap terakhir dari pembuatan alat pendeteksi ph air hujan ini, Pada tahap ini penulis memastikan semua komponen bekerja dengan baik, lalu membungkusnya pada suatu wadah yang akan membuat alat tersebut lebih mudah digunakan.
- h. Perancangan aplikasi telegram, pada perancangan aplikasi ini dilakukan untuk membuat sebuah bot chat telegram dan mendapatkan kode token untuk pengkoneksian ke arduino.
- i. Integrasi alat pendetksi ph air hujan dengan aplikasi telegram, pada proses pengintegrasian ini dijemantani oleh esp8266, dimana nilai ph air hujan yang telah terdeteksi oleh sensor ph meter akan dikirim ke telegram.
- j. Uji coba sistem, dilakukan terhadap alat monitoring ph air hujam dengan melakukan pengetesan langsung pada air hujan dan perubahan data yang terjadi pada platform akan ditampilkan pada aplikasi mobile. Pada tahap uji coba ini akan dilakukan testing dengan mencoba menyimpan alat ph air hujan di tempat yang terkena air hujan secara langsung.
- k. Kesimpulan, setelah dilakukan uji coba dan sistem berfungsi dengan baik, hasil akhir akan dimuat ke dalam publikasi jurnal.

#### IV. PERANCANGAN SISTEM

##### 4.1 Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan bertujuan untuk pengukuran yang sangat presisi dan tepat, pH meter harus dikalibrasi setiap sebelum dan sesudah melakukan pengukuran. Untuk penggunaan normal kalibrasi harus dilakukan setiap hari. Alasan melakukan hal ini adalah probe kaca elektroda tidak diproduksi e.m.f. dalam jangka waktu lama. Kalibrasi harus dilakukan setidaknya dengan dua macam cairan standard buffer yang sesuai dengan rentang nilai pH yang akan diukur. Untuk penggunaan umum buffer pH 4 dan pH 7 diperbolehkan. pH meter memiliki pengontrol pertama (kalibrasi) untuk mengatur pembacaan pengukuran agar sama dengan nilai standard buffer pertama dan pengontrol kedua (slope) yang digunakan menyetel pembacaan meter sama dengan nilai buffer kedua. Pengontrol ketiga untuk men-set temperatur. Untuk melakukan kalibrasi langkah pertama yaitu dengan menghubungkan pin A0 pada arduino ke pin P0 pada probe ph meter, pin G pada arduino ke pin G probe, pin VCC pada arduino ke pin V+ pada probe dan hubungkan dengan kabel bagian ground ke bagian ujung probe bertujuan untuk mengetahui hasil tegangan memperoleh pH=7 seperti gambar 5 Kalibrasi.



**Gambar 4.1**  
Kalibrasi

Setelah itu melakukan pengkodean di Arduino IDE, dengan memasukan nilai tegangan referensi arduino uno yang sebesar 5V dibagi 1023 adalah resolusi dari pin analog yang ada di arduino, seperti gambar 4.2 kode program kalibrasi.

```

kalibrasi | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help

kalibrasi
int pH_Value;
float Voltage;

void setup ()
{
  Serial.begin (9600);
}

void loop ()
{
  pH_Value = analogRead (A0);
  Voltage = pH_Value * (5 / 1023.0);
  Serial.println (Voltage);
  delay (1500);
}
    
```

**Gambar 4.2**  
Kode Program Kalibrasi

##### 4.2 Perancangan Sistem

Sitem pendeteksi ph air hujan di rancang dengan beberapa komponen elektronika seperti yang sudah di jelaskan di atas, selain itu dalam pembuatan alat tersebut menggunakan media telegram untuk memunculkan

hasil dari pendeteksian ph meter tersebut. Pertama-tama hubungkan arduino uno dengan sensor ph air menggunakan kabel jumper dan juga arduino uno. Seperti gambar 4.3 Rangkaian sistem.



**Gambar 4.3**  
Rangkaian sistem

Setelah itu melakukan pendaftaran bot telegram untuk mendapatkan token yang akan di masukan ke program, kemudian membuat kode program pada arduino ide seperti berikut:

a. Membuat kode program koneksi

```
// Initialize Wifi connection to the router
char ssid[] = "Galaxy Allcube"; // diisi nama wifi
char password[] = "wkl18863"; // diisi password wifi

// Initialize Telegram BOT
#define BOTtoken "5054547328:AAZkmPwGdRUTu86pc2HrQ1J01k9102Ar8k0"
```

**Gambar 4.4**  
Koneksi

Koneksi internet menjadi salah satu faktor penting sehingga membuat kode program untuk memuskan ssid wifi beserta passworfnya, dan pada

gambar 4.4 koneksi juga terdapat kode program untuk memasukan token bot telegram.

b. Membuat kode program pilihan pada bot chat telegram.

Untuk menampilkan sebuah hasil dari pendektisian sensor ph maka harus mengetikan /statusph pada bot telegram yang telah dibuat, seperti apa yang sudah di buat di kode program pada gambar 4.5 Kode program bot chat.

**Gambar 4.5**

```
if (text == "/statusph" ) {
  int nilai_analog_PH = analogRead(ph_Pin);
  String temp = "ph saat ini : ";
  temp += int(nilai_analog_PH);
  temp += "\n";

  bot.sendMessage(chat_id,temp, "");
}

if (text == "/start" ) {
  String welcome = "Welcome " + from_name + "\n";
  welcome += "/statusph : Statusph\n";
  bot.sendMessage(chat_id, welcome, "Markdown");
}
```

Kode program bot chat

c. Membuat kode program pendektesi ph air

```
int nilai_analog_PH = analogRead(ph_Pin);
Serial.print("Nilai ADC Ph: ");
Serial.println(nilai_analog_PH);
TeganganPh = 5 / 1024.0 * nilai_analog_PH;
Serial.print("TeganganPh: ");
Serial.println(TeganganPh, 3);

PH_step = (PH0 - PH1) / 3;
Po = 7.00 + ((SET - TeganganPh) / PH_step);
Serial.print("Nilai PH cairan: ");
Serial.println(Po, 2);
delay (3000);
}
```

**Gambar 4.6**

Kode program pendeteksi ph air

Untuk mendeteksi ph air hujan dengan sensor ph air maka dibuat program seperti gambar 4.6 kode program pendeteksi ph air, yang hasil nilai ph nya akan di tampilkan di bot chat telegram.

## V. IMPLEMENTASI

Sistem pendeteksi ph air hujan di lakukan pengujian alat, pengjian dilakukan di Desa Gedepangrango pada bulan Desember 2021, rata-rata pengambilan data satu jam lamanya pada setiap harinya. Dalam pengujian ini dilakukan pada saat turunnya hujan sehingga tidak bisa melakukan pengujian setipa hari dalam satu bulan tersebut. Nilai ph air hujan idealnya adalah 5,6 sampai 6, Berikut merupakan tabel hasil dari Sistem pendeteksi ph air hujan.

**Tabel 5.1**  
Hasil percobaan

N	Tempat	Tgl/wakt	Rat	Ket.
1	Desa	02-12-	5,7	Ideal
2	Desa	-0512-	5,6	Ideal
3	Desa	07-12-	5,6	Ideal
4	Desa	12-12-	5,7	Ideal
5	Desa	14-12-	5,9	Ideal
6	Desa	20-12-	5,8	Ideal
7	Desa	21-12-	5,8	Ideal
8	Desa	24-12-	5,7	Ideal
9	Desa	29-12-	5,6	Ideal
10	Desa	31-12-	5,6	Ideal

## VI. KESIMPULAN

Air hujan memiliki drajat keasaman yang berbeda-beda tergantung dari kondisi lingkungan di daerah tersebut, IOT (Internet Of Things) bisa membantu dalam masalah tersebut dengan mempermudah orang untuk mengetahui ph air hujan di daerah tersebut sehingga lebih peka terhadap kondisi lingkungannya. Di Desa Gede pangrango memiliki tingkat keasaman ari hujan yang ralatif normal dengan nilai 5,6 sampai 5,9, namun dengan meningkatnya polutan di atmosfer bisa menurunkan nilai ph air hujan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Choudhuri, K. B. R. 2017. Learn Arduino Prototyping In 10 Days (First). Birmingham Mumbai: Packt Publishing Ltd.
- Dubey, S. 2013. Acid Rain-The Major Cause of Pollution: Its Causes, Effects and Solution. *Internasional Journal of Scientific Engineering and Technology*. Vol. 2, No. 8, 772 – 775.
- Fakhruzzaini, M., & Aprilianto, H. 2017. Sistem Otomatisasi Pengontrolan Volume Dan PH Air Pada Hidroponik. *Jutisi*, 6, 1335–1344.
- Mujadin, A., Astharini, D., & Octarina, N. S. (2017). *Prototipe Pengendalian pH dan Elektro Konduktivitas Pada Cairan Nutrisi Tanaman Hidroponik*. *Jurnal AL AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 4(1), 2–7.
- R. Hafid Hardyanto. 2017. Konsep Internet Of Things Pada Pembelajaran Berbasis Web. *Jurnal Dinamika Informatika*. Volume 6. No 1.
- Republik Indonesia. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 *tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Rozaq, I. A., Yulita, N., Setyaningsih, D., & Kunci, K. (2018). Karakterisasi dan kalibrasi sensor ph menggunakan arduino uno, 244–247.

- Sudalma dan Purwanto. 2012. Analisis Sifat Hujan Asam di Kota Semarang. Prosiding Seminar Nasional Pengolahan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Semarang.
- Sugiyono. (2016). Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development/R&D). Bandung: Alfabeta.
- Yudhaniristo, Anggraini, N., dan Fahrianto, F. 2015. "Kualitas Udara Secara Online dan Periodik Berbasis Arduino (Studi Kasus: Batan PUSPIPTEK Serpong)". Jurnal Teknik Informatika. Vol. 8, No. 1, pp. 31–38.