
SUBMISSION 15**Sistem Monitoring Kadar Polutan di Udara dengan Platform IoT**Ridi Arjono Lumban Gaol^{1*}, Dewanto Indra Krisnadi¹, Muhammad Yaser¹, dan Untung Priyanto¹¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, 12640, Jakarta, Indonesia

Abstrak. Kualitas udara mengambil peran penting bagi kehidupan makhluk hidup dipermukaan bumi. Udara mengandung oksigen yang dibutuhkan manusia untuk bernafas. Namun selain oksigen, terdapat zat lainnya di dalam udara seperti karbondioksida, karbonmonoksida, nitrogen, gas ozon, sulfur dioksida, partikulat, asap dan sebagainya. Kandungan yang ada dalam udara jika melebihi batas yang ditentukan dapat disebut sebagai polutan yang menyebabkan terjadinya polusi udara. Pada studi ini dirancang sebuah sistem yang dapat memonitoring polutan seperti gas karbonmonoksida, gas karbondioksida dan partikel debu. Sistem ini bersifat mobile, dapat digunakan didalam maupun diluar ruangan. Sistem ini menggunakan Arduino uno R3 sebagai pengendali, sensor MQ-7 untuk gas CO, sensor MQ-135 untuk gas CO₂, sensor GPY1010AU0F untuk partikel debu, modul GPS NEO-6MV2 sebagai penanda lokasi pengujian dan SIM 800L V2 sebagai modul komunikasi GPRS untuk mengirim data ke server. Dari hasil pengujian didapat sensor sensor MQ-7 memiliki akurasi sebesar 90,81%, sensor MQ-135 memiliki akurasi sebesar 83,85% dan sensor GPY1010AU0F memiliki akurasi sebesar 96,80%. Modul GPS memiliki rata-rata error sebesar 4,26 meter. Hasil pembacaan sensor ditampilkan pada website dengan lokasi pengujianya.

Kata Kunci- Internet of Things; Polutan; Sensor GPY1010AU0F; Sensor MQ-7; Sensor MQ-135.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas manusia telah memicu pencemaran udara. Pada saat ini penurunan kualitas udara di beberapa kota di wilayah Indonesia terus meningkat diakibatkan beberapa hal diantaranya pertumbuhan industri dan perkembangan kendaraan bermotor yang semakin pesat sebanding dengan pertumbuhan penduduk yang makin meningkat dan tidak sebanding dengan pertumbuhan ruang terbuka hijau dan pelestarian kawasan hijau khususnya pada wilayah perkotaan. Polusi udara merupakan suatu kondisi tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat merusak lingkungan sehingga dapat berakibat penurunan kualitas lingkungan dan dapat berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan. Pencemaran udara dapat bersumber dari alam seperti aktivitas gunung berapi, kebakaran hutan, gas alam beracun, kegiatan manusia seperti industri, transportasi, dan bahkan aktivitas didalam rumah yang terbuang bebas ke udara sehingga menyebabkan penurunan kualitas udara[1].

Polutan yang ada di udara tidak dapat terdeteksi oleh mata maupun tercium oleh hidung, karena gas berbahaya seperti karbon monoksida tidak berbau sehingga manusia tidak akan menyadari keberadaan gas berbahaya tersebut [2]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan solusi untuk dapat meminimalisir efek yang dapat mengganggu kesehatan khususnya pernafasan. Penelitian ini bertujuan untuk memonitoring kualitas udara lingkungan sekitar dan menggunakan teknologi *internet of things* sehingga informasi kualitas udara dapat diakses dengan mudah. Pada penelitian ini membuat sebuah sistem mobile yang dapat memonitoring gas CO, CO₂ dan partikel debu, dan hasil monitoring ditampilkan pada web berbasis maps. perangkat sensor dan komponen lainnya yang digunakan dalam perancangan alat ini berbeda dengan penelitian- penelitian sebelumnya [2],[14].

2. KAJIAN PUSTAKA DAN TEORI**A. Kajian Pustaka**

Beberapa penelien telah dilakukan berkaitan dengan monitoring kualitas udara berbasis IoT diantaranya penelitian [2] yang membahas tentang prototipe alat pendeteksi kualitas udara dalam ruangan dengan menggunakan mikrokontroler Wemos dan sensor MQ135 yang terhubung dengan platform IoT sebagai sistem monitoring dan notifikasi. Modul sensor MQ135 sebagai detektor kualitas udara, mengirimkan sinyal input untuk diproses oleh mikrokontroler Wemos board. Modul wifi yang terdapat pada Wemos board mengirimkan nilai yang terbaca oleh sensor ke platform IoT Thingspeak yang merekam data logging dalam bentuk grafik. Dalam hal ini, Thingspeak berfungsi sebagai bagian dari sistem monitoring. Sedangkan sebagai sistemnotifikasi digunakan platform IoT Blynk apps. Penelitian lainnya [14] merancang alat pemantau kualitas udara polutan CO dan CO₂ berbasis IoT (Internet of Things). Dalam pembuatan alat pemantau polutan udara menggunakan sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas CO dan menggunakan sensor MH-Z19 untuk memantau gas CO₂. Pada studi ini dimodifikasi penelitian sebelumnya dengan menambahkan monitoring partikel debu yang tidak dibahas pada penelitian sebelumnya [2], [14]. Disamping itu perangkat sensor dan komponen lainnya yang digunakan dalam perancangan alat ini berbeda dengan penelitian- penelitian sebelumnya.

*Corresponding author: ridiarjonolumbangaol@gmail.com

B. Polutan

Udara merupakan campuran beberapa gas yang terdapat pada atmosfer yang komposisinya tidak selalu konstan dan pencemaran udara pada atmosfer paling banyak disebabkan oleh aktivitas manusia [3]. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang baku mutu udara ambien, Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya [4]. Beberapa polutan yang dimonitoring dalam penelitian ini diantaranya :

- Karbon Monoksida
Karbon monoksida memiliki rumus kimia (CO) yaitu suatu gas yang tidak berasa, tidak berbau dan tidak berwarna. Gas Karbon monoksida terdiri dari atom karbon dan atom oksigen yang berikatan kovalen.
- Karbon Dioksida
Karbon dioksida (CO₂) merupakan gas tak berwarna yang memiliki kerapatan sekitar 60% lebih rapat dari pada udara (1.225 g/L). Karbon dioksida terdiri dari karbon atom kovalen ganda terikat ke dua oksigen atom.
- Partikel Debu
Partikel debu (*Particulate matter*) merupakan campuran dari berbagai senyawa anorganik dan organik yang tersebar di udara dengan diameter kurang dari 1 mikron sampai 500 mikron. Partikel debu dapat masuk melalui saluran pernafasan ke dalam tubuh manusia karena partikel debu dapat berada di atmosfer untuk waktu yang lama.

C. Internet of Things

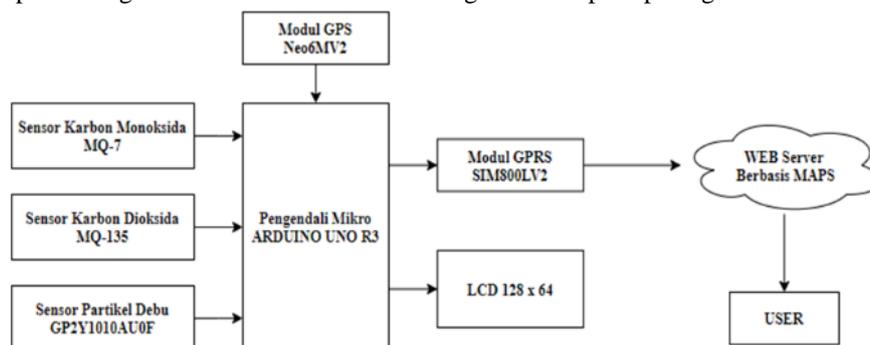
IoT atau Internet of Things adalah sebuah teknologi dengan menggunakan jaringan internet yang dapat berfungsi sebagai komunikasi, pengendalian, dan kerjasama antar perangkat keras. IoT muncul sebagai bentuk perkembangan dari teknologi informasi dan jaringan internet. Internet of Things merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet. Dengan semakin berkembangnya infrastruktur internet, maka kita menuju babak berikutnya, di mana bukan hanya smartphone atau komputer saja yang dapat terkoneksi dengan internet. Namun berbagai macam perangkat akan terkoneksi dengan internet. Misalnya : peralatan elektronik, otomotif, peralatan yang dapat dikenakan manusia (wearables), dan termasuk perangkat apa saja yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global menggunakan sensor dan atau aktuator yang tertanam.

3. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan dan implementasi sistem monitoring kualitas udara pada penelitian ini terdiri dari perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software).

A. Perancangan perangkat keras

Berikut ini merupakan diagram blok dari sistem monitoring mobile seperti pada gambar.1

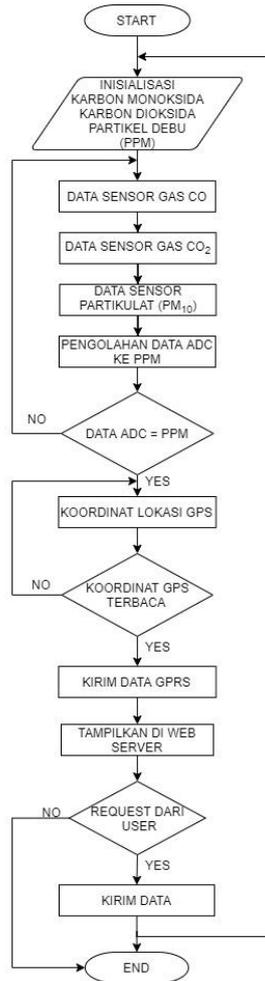


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sistem monitoring kualitas udara mobile pada penelitian ini dirancang menggunakan pengendali mikro Arduino uno R3 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan beberapa sensor untuk mengukur kadar gas karbon monoksida (CO), kadar gas karbon dioksida (CO₂), dan partikel debu. Pengendali mikro Arduino uno R3 berfungsi sebagai pusat kendalinya untuk mengolah data dari hasil pembacaan sensor, kemudian akan menampilkan hasil pembacaan dari sensor ke LCD. Pengendali mikro juga mengirim hasil pembacaan sensor dan hasil pembacaan koordinat oleh modul GPS ke website menggunakan modul komunikasi GPRS. Data hasil pengukuran kadar gas tersebut dapat diakses pada website berupa data informasi kualitas udara dengan lokasi pengukurannya.

B. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan pemrograman pada pengendali mikro menggunakan Arduino IDE. Berikut ini diagram alir sistem ini.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Monitoring mobile

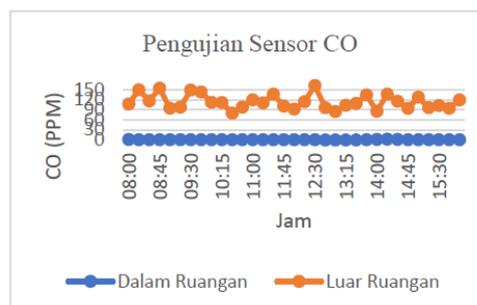
Gambar .2 di atas menunjukkan proses sistem dari pembacaan sensor, kemudian data akan diolah oleh pengendali mikro lalu ditampilkan pada LCD, data juga akan dikirimkan ke web berbasis maps dengan modul GPRS.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas rata-rata hasil dari pengujian sensor yang dibandingkan dengan data rata-rata KLHK dan BMKG untuk mengetahui keakuratan sensor. Pada bagian ini juga membahas hasil perhitungan akurasi modul GPS dan pengujian untuk mendapat nilai delay pengiriman data ke server.

A. Pengujian sensor Karbon Monoksida (MQ-7)

Pengujian sensor karbon monoksida dilakukan di dalam dan luar ruangan. Untuk menentukan keakuratan sensor, pengujian dilakukan di luar ruangan dengan membandingkan rata-rata hasil pengujian dengan 33 sampel data dengan data rata-rata KLHK depok. Pengujian dilakukan di jalan raya depok. Berikut ini hasil pengujiannya.

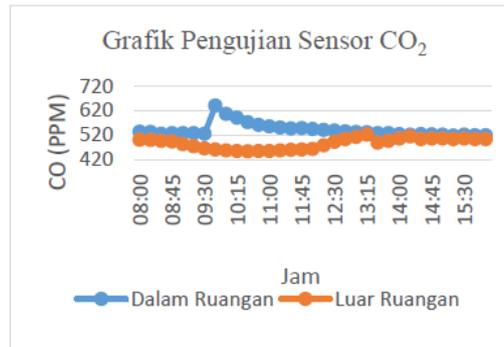


Gambar.3 Grafik Pengujian sensor MQ-7

Dari gambar.3 diatas, dapat dilihat hasil pengujian kadar gas karbon monoksida lebih besar di luar ruangan dibandingkan dengan di dalam ruangan. Hal tersebut diakibatkan karena pengujian dilakukan di jalan raya dan banyak aktivitas kendaraan yang melintas, hal tersebut juga yang mempengaruhi kadar karbon monoksida pada pengujian ini memiliki nilai yang naik turun drastis, sementara pengujian di dalam ruangan kadar karbon monoksida cenderung sama karena tidak banyak aktivitas yang dapat menghasilkan kadar gas karbon monoksida. Hasil rata-rata pengujian diluar ruangan adalah 114,43 PPM dan rata-rata KLHK Depok adalah 126 PPM, sehingga didapat akurasi sebesar 90,81%.

B. Pengujian Sensor Karbon Dioksida (MQ-135)

Pengujian sensor gas karbon dioksida dilakukan di dalam dan di luar ruangan. Untuk menentukan keakuratan sensor gas karbon dioksida ini pengujian dilakukan di luar ruangan dengan membandingkan rata-rata hasil pengujian dengan 33 sampel data dengan data rata-rata BMKG. Pengujian dilakukan di jalan raya depok.

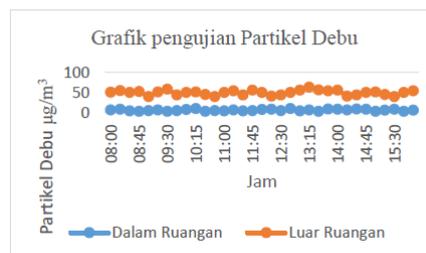


Gambar.4 Grafik pengujian sensor MQ-135

Dari gambar.4 diatas dapat dilihat hasil pengujian di dalam maupun di luar ruangan dimana hasil pembacaan atau kadar gas karbon dioksida di luar ruangan lebih besar daripada di dalam ruangan walaupun nilainya hampir sama. Hal tersebut diakibatkan banyaknya aktivitas kendaraan bermotor yang melintas pada saat pengujian yang tentunya mempengaruhi nilai kadar gas karbon dioksida di luar ruangan. Dari hasil rata-rata pengujian adalah 485,54 PPM dan rata-rata BMKG adalah 418 PPM, sehingga didapat akurasi sebesar 83,85%.

C. Pengujian Sensor Partikel Debu (GPY1010AU0F)

Pengujian dilakukan di dalam dan di luar ruangan. Hasil pengujian yang dilakukan di luar ruangan akan dibandingkan dengan data rata-rata KLHK depok untuk menentukan keakuratan sensor partikel debu ini. Pengujian dilakukan di jalan raya depok. Berikut hasil pengujiannya.



Gambar.5 Grafik Pengujian sensor GPY1010AU0F

Dari Gambar.5 diatas dapat dilihat hasil pengujian sensor partikel debu di dalam maupun di luar ruangan. Hasil pengujian di luar ruangan memiliki nilai yang lebih besar karena pada saat pengujian dilakukan, banyak kendaraan bermotor yang melintas yang tentunya akan menghasilkan banyak partikel debu tersebar keudara. Hasil rata-rata pengujian didalam ruangan adalah sebesar 6,91 µg/m³. Hasil rata-rata pengujian adalah 50,33 µg/m³ dan rata-rata KLHK Depok adalah 52 µg/m³, sehingga didapat akurasi sebesar 96,8%.

D. Pengujian Modul GPS (Neo6MV2)

Pengujian modul GPS dilakukan saat kondisi cuaca cerah. Pengujian ini diambil sebanyak 20 data dari hasil pembacaan modul GPS. Hasil pembacaan modul GPS yang didapat akan dihitung jarak *error* nya. Sebagai contoh perhitungan jarak *error* pada data pembacaan pertama dari modul GPS pada pengujian modul GPS didalam ruangan adalah sebagai berikut:

Koordinat Smartphone: Latitude = -6,346515, Longitude = 106,824441,

Koordinat modul GPS: Latitude = -6,346476, Longitude = 106,824447

selisih jarak *error* dengan kondisi,

$$Z = \sqrt{(B - A)^2 + (D - C)^2} = \sqrt{(-6,346476 - (-6,346515))^2 + (106824447 - 106,824441)^2},$$

$$Z = \sqrt{(3,9 \times 10^{-5})^2 + (6 \times 10^{-6})^2}$$

$$Z = 3,94588 \times 10^{-5} \text{ derajat.}$$

$$\text{Selisih jarak error} = 3,94588 \times 10^{-5} \times 112322 = 4,3926 \text{ meter}$$

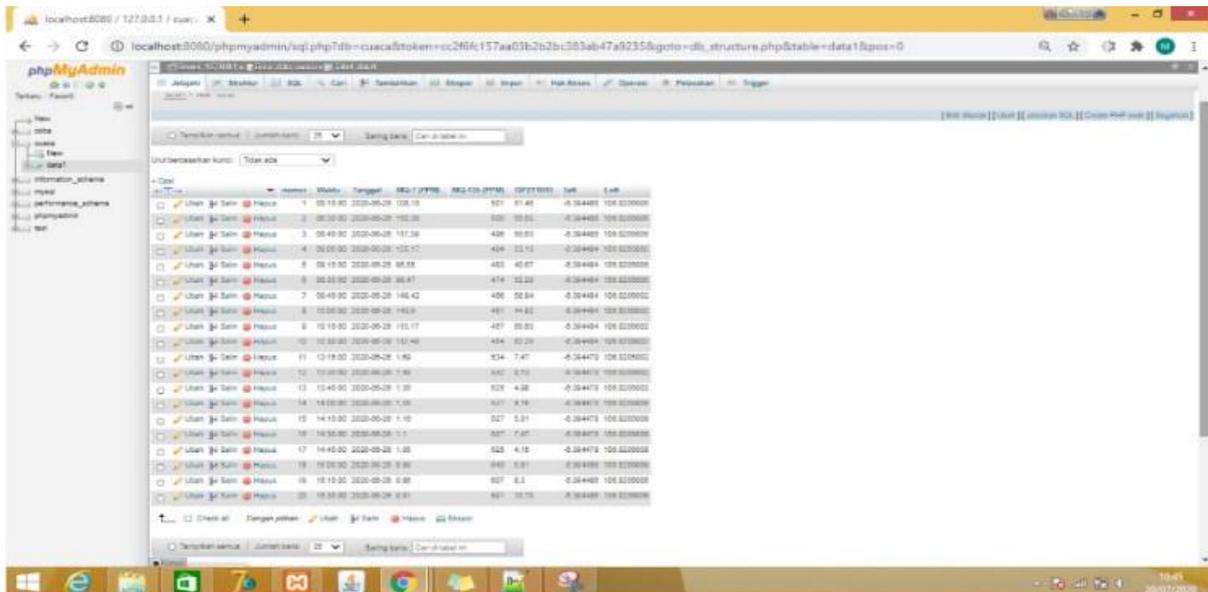
Tabel .1 Pengujian Modul GPS

N o	Modul GPS		GPS Smartphone		Error
	Lattitude	Longitude	lattitude	Longitude	
1	-6,346476	106,824447	-6,346515	106,824441	4,39
2	-6,346475	106,824447	-6,346515	106,824441	4,50
3	-6,346474	106,824447	-6,346515	106,824441	4,61
4	-6,346473	106,824447	-6,346515	106,824441	4,72
5	-6,346472	106,824447	-6,346515	106,824441	4,83
Rata-Rata					4,61

Dari tabel.1 dapat dilihat hasil pengujian modul GPS dengan GPS Smartphone didapat rata-rata *error* pembacaan modul GPS sebesar 4,61 meter. Hasil pembacaan tersebut cukup baik dimana pada datasheet modul GPS ini memiliki error pada range 2,5-10 meter.

E. Pengujian Modul GPRS (SIM800Lv2)

Pengujian modul GPRS sebagai modul komunikasi pada sistem mobile ini dengan mengirimkan hasil pembacaan sensor ke database server untuk ditampilkan pada website. Gambar dibawah ini menunjukkan hasil data yang diterima oleh database yang dikirim oleh pengendali mikro menggunakan modul GPRS.



Gambar .6 Data yang masuk pada database

Dari gambar diatas dapat dilihat data hasil pembacaan sensor dan modul GPS yang masuk kedalam database. Selanjutnya gambar dibawah ini menunjukkan tampilan data pada website berbasis maps.



Gambar .7 Tampilan Website

Pada pengujian modul GPRS ini dapat dihitung juga delay pengiriman data oleh sistem mobile ini ke server. Tabel.2 dibawah ini menunjukkan hasil pengujiananya.

Tabel.2 Delay pada Sistem Mobile

No.	Data		Waktu		Selisih(detik)
	Sensor	GPS	Kirim	Terima	
1	Data 1	Data 1	08.15	08.17	2
2	Data 2	Data 2	08.30	08.31	1
3	Data 3	Data 3	08.45	08.46	1
4	Data 4	Data 4	09.00	09.02	2
5	Data 5	Data 5	09.15	09.16	1
Rata-rata delay					1,4

Dari table.2 diatas dapat dilihat rata-rata delay pengiriman data sebesar 1,4 detik. Delay terjadi karena perubahan sinyal pada tempat pengujian dilakukan.

F. Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh hasil dan kesimpulan sebagaimana berikut

1. Akurasi dari tiap sensor yaitu 90,81% untuk Sensor MQ-7. Akurasi sebesar 83,85% untuk sensor MQ-135. dan akurasi 96,8% untuk sensor GPY1010AU0F. Hasil pembacaan sensor kurang akurat karena pada pengujian data pembacaan sensor dibandingkan dengan data rata-rata milik KLHK Depok dan data BMKG. Modul GPS memiliki akurasi 6,78 didalam ruangan dan 4,26 meter diluar ruangan dengan pengambilan data sebanyak 20 kali pada lokasi yang sama. Hasil tersebut cukup baik karena pada datasheet modul GPS ini memiliki tingkat akurasi dengan range 2,5-10 meter.
2. Delay pada saat pengiriman data ke server menggunakan modul GPRS relatif kecil dengan waktu rata-rata 1,4 detik.
3. Proses sinkronisasi modul GPS dengan satelit untuk membaca koordinat lokasi membutuhkan waktu sekitar 10-15 detik pada pengujian diluar ruangan dan 30-40 detik saat pada pengujian didalam ruangan.
4. Konektivitas sistem mobile menggunakan modul GPRS dengan server dipengaruhi oleh tempat pengujian, dimana konektivitas saat pengujian diluar ruangan lebih baik dibandingkan saat pengujian didalam ruangan.

Daftar Pustaka

- [1] A. G. Simandjuntak. Pencemaran Udara. Buletin Limbah. vol. 11. 2013.
- [2] J. M. Waworundeng and O. Lengkong. Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT. Cogito Smart Journal. vol. 4. pp. 94-103. 2018.
- [3] S. Fardiaz. Polusi air dan udara: Kanisius. 1992.
- [4] Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999. Pengendalian Pencemaran Udara." Lembaran Negara RI Tahun. 1999.

-
- [5] B. Chandra. Pengantar Kesehatan Lingkungan. Penerbit Buku Kedokteran EGC.ed: Jakarta.. 2006.
- [6] K. L. Hidup. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Kep-45/MenLH/10/1997 .Indeks Standar Pencemar Udara. ed: Jakarta. 1997.
- [7] F. D. Petruzella. elektronik Industri. Yogyakarta: Erlangga. 2001.
- [8] W. Budiharto. Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Elex Media Komputindo. Jakarta. 2005.
- [9] H. Z. Abidin. Penentuan posisi dengan GPS dan aplikasinya Jakarta. PT Pradnya Paramita. 2007.
- [10] B. Hofmann-Wellenhof. H. Lichtenegger. and J. Collins. Global positioning system: theory and practice. Springer Science & Business Media. 2012.
- [11] P. Abidoeye, I. C. Obagbuwa. Models for integrating wireless sensor networks pollution monitoring. IEEE Sensors Journal. vol. 10. pp. 1666-1671. 2010.
- [12] Anto .the Internet of Things. IET Wireless Sensor Systems. vol. 7. pp. 65-72. 2017.
- [13] A. Al-Fuqaha. M. Guizani. M. Mohammadi. M. Aledhari. and M. Ayyash. Internet of things: A survey on enabling technologies. protocols. and applications. IEEE communications surveys & tutorials. vol. 17. pp. 2347-2376. 2015.
- [14] Hardian.S, Resmana.L, Iwan.H ,Pemantauan kualitas udara polutan gas Co dan Co2 berbasis IoT . Jurnal Teknik Elektro, Vol. 12, No. 1, Maret 2019, 26-31