

RANCANG BANGUN APLIKASI MONITORING DAN KONTROL KUALITAS *INCINERATOR* BERBASIS *IoT*

Design of Monitoring and Controlling Incinerator Quality Application Based on IoT

Dian Putri Kristiani Zega¹, Ir. Agus Ganda Permana, M.T.², Unang Sunarya, S.T., M.T.³
Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom

dputrizega@gmail.com, agusgandapermana@telkomuniversity.ac.id, unangsunarya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Saat ini ancaman pencemaran udara yang timbul akibat dari berbagai macam gas hasil pembakaran atau pembuangan semakin menghasilkan efek buruk yang cukup besar bagi kesehatan masyarakat terutama bagi penduduk yang tinggal di daerah pertokoan atau Kawasan industry. Sumber pencemaran udara akibat dari limbah industry dan kendaraan bermotor merupakan kontribusi terbesar dari pencemaran udara yang dibuat ke udara bebas. Salah satu teknologi yang digunakan saat ini yang merupakan sumber pencemaran udara adalah penerapan incinerator. Incinerator diyakini oleh masyarakat untuk menghasilkan salah satu zat yang sangat berbahaya, yaitu Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Sulfur Dioksida (SO₂), dioksin dan Furan. Jika zat karbon monoksida ini tidak dikendalikan dengan baik maka akan mengakibatkan pencemaran udara dan merusak kesehatan masyarakat.

Untuk mencegah dan mengendalikan pencemaran udara akibat dari adanya Karbon Monoksida, Nitrogen Oksida, Sulfur Dioksida yang berlebihan, dibutuhkan alat untuk mengukur kadar gas tersebut menggunakan sensor MQ-7, MQ-135 dan TGS 2600 berbasis Mikrokontroler dan dihubungkan pada Webserver, sehingga keluaran dari kadar gas tersebut berupa data. Sensor MQ-7 dan MQ-135 merupakan sensor yang sensitif terhadap asap yang menggunakan catu daya 5 Volt dan dapat mengukur dari 20 – 200ppm.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa hardware dapat terintegrasi dengan software. Pada pengukuran kadar asap, sensor mengirimkan data nilai kadar asap melalui Arduino UNO yaitu 96%. Keakuratan modul wifi 92%, dikarenakan jarak tempuh yang hanya sampai 20 meter. Delay rata-rata pengiriman data kualitas nilai asap pembakaran ke webserver adalah 6,31 detik.

Kata kunci: *MQ-7, MQ135, TGS2600, Monitoring, Kontrol, Incinerator, IoT*

Abstract

Currently the threat of air pollution arising from various kinds of burning or disposal gas has resulted in a large adverse effect on public health, especially for people living in shopping area or industrial area. The source of air pollution caused by industrial waste and motor vehicles is the largest contribution of air pollution which is made into the free air. One of the technologies used today that is a source of air pollution is the application of incinerators. The incinerator is believed by public to produce one of the most dangerous substances, that is Carbon Monoxide (CO), Nitrogen Oxide (NO_x), Sulfur Dioxide (SO₂), Dioxin and Furan. If these carbon monoxide substances not well controlled, then it will cause air pollution and damage to public health.

To prevent and control air pollution resulting from the presence of carbon monoxide, Nitrogen oxides, Sulfur dioxide, needed a tool to measure the levels of the gas sensor MQ-7, MQ-135 and TGS 2600-based Microcontroller and connected on a Webserver, so that the output of the gas levels in the form of data. Sensor MQ-7 and MQ-135 is a smoke-sensitive sensors that use a 5 Volt power supply and can measure from 20 – 200ppm.

The test results show that the hardware can be integrated with the software. On the measurement of the levels of smoke, the sensors transmit data value levels of smoke through the Arduino UNO i.e. 96%. Accuracy of 92%, wifi module due to mileage only up to 20 meters. The average delay sending data the quality value of the smoke of burning into the webserver is 6.31 seconds.

Keywords: *Monitoring, Control, Incinerator, IoT*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Asap adalah suspensi partikel kecil di udara (*Aerosol*) yang berasal dari pembakaran tak sempurna dari suatu bahan bakar. Asap umumnya merupakan produk sampingan yang tak diinginkan dari api (termasuk kompor dan lampu), tetapi dapat digunakan untuk pembasmian hama (*fumigasi*), komunikasi (sinyal asap). Asap kadang digunakan sebagai agen pemberi rasa (*flavoring agent*), pengawetan untuk berbagai bahan makanan, dan bahan baku asap cair.

2. Dasar Teori

2.1. Incinerator

Incinerator adalah tungku pembakaran untuk mengolah limbah padat, yang mengkonversi materi padat (Sampah) menjadi materi gas dan abu (*bottom ash and fly ash*). Insinerasi merupakan proses pengolahan limbah padat dengan cara pembakaran pada temperature lebih dari 800°, untuk mereduksi sampah mudah terbakar (Combustible) yang tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri virus, dan kimia toksin (A. Sutowo Latief, 2012)[3].

2.2. Sumber Daya Udara

Udara merupakan salah satu unsur alam yang pokok bagi makhluk hidup yang ada di muka bumi, terutama manusia. Tanpa udara yang bersih maka manusia akan terganggu terutama kesehatan yang pada akhirnya akan menyebabkan kematian. Sedangkan apabila terjadi penambahan gas-gas lain yang menyebabkan gangguan serta perubahan komposisi tersebut, maka dikatakan udara sudah tercemar/terpolusi.

2.3. Pengenalan Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. Meski sudah diperkenalkan selama 19 tahun yang lalu, hingga kini belum ada sebuah consensus global mengenai definisi IoT. Namun secara umum IoT diartikan sebagai sebuah kemampuan untuk menghubungkan objek-objek cerdas dan memungkinkannya untuk berinteraksi dengan objek lain, lingkungan maupun dengan peralatan komputasi cerdas lainnya melalui jaringan internet.

2.4. Arduino

Arduino merupakan sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat open source. 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 memori mikrokontroler.

2.5. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan suatu karakter baik itu berupa angka, huruf, simbol atau karakter tertentu sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. LCD terdiri dari beberapa pin yang berfungsi untuk mengontrol pemakainya. LCD yang digunakan adalah LCD 20x4 atau dua puluh karakter dengan empat baris sehingga jumlah maksimum yang ditampilkan dua puluh karakter setiap baris[6].

2.6. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor gas Karbon Monoksida (CO) yang berfungsi untuk mengukur konsentrasi gas karbon monoksida (CO). sensor ini memiliki sensitivitas tinggi dan waktu respon yang cepat. Keluaran yang dihasilkan oleh sensor ini adalah berupa sinyal analog[3].

2.7. Sensor MQ-135

MQ-135 Air Quality Sensor adalah sensor yang memonitoring kualitas udara untuk mendeteksi gas ammonia (NH₃), natrium dioksida (NO_x), alcohol/etanol (C₂H₅OH), benzene (C₆H₆), karbon dioksida (CO₂), gas belerang / sulfur-hidroksida (H₂S) dan asap gas lainnya di udara. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog di Pin keluarannya[8].

2.8. TGS 2600

TGS 2600 merupakan sebuah sensor kimia atau gas sensor yang digunakan dalam rangkaian ini untuk mengukur dan memonitoring perbaikan kualitas udara pada bagian incinerator[7]. Bekerja pada titik sebelum asap disiram dan sesudah asap disiram dengan air, sehingga dapat melihat perbaikan kualitas udara yang diinginkan.

2.9. Mikrokontroler ATmega 2560

Arduino Mega 2560 adalah sebuah papan Mikrokontroler berbasis Atmega 2560 (datasheet). Mempunyai 54 pin digital input/output (dimana 14 pun dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 16 pin input analog, 2 UARTs (Hardware serial ports), sebuah crystal oscillator 16 MHz, sebuah penghubung USB, sebuah colokan listrik, ICSP header, dan tombol kembali.

2.10. ESP 8266

ESP8266 merupakan modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti arduino agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP. ESP8266 memiliki kemampuan *on-board processing* dan *storage* yang memungkinkan chip untuk diintegrasikan dengan sensor sensor ataupun dengan aplikasi alat tertentu melalui pin input output dengan pemrograman yang singkat.

2.10. Web Server

Server atau Web server adalah sebuah software yang memberikan layanan berbasis data dan berfungsi menerima permintaan dari HTTP atau HTTPS pada klien yang dikenal dan biasanya kita kenal dengan nama *web browser* (*Mozilla Firefox, Google Chrome*) dan untuk mengirimkan kembali yang hasilnya dalam bentuk beberapa halaman web dan pada umumnya akan berbentuk dokumen HTML.

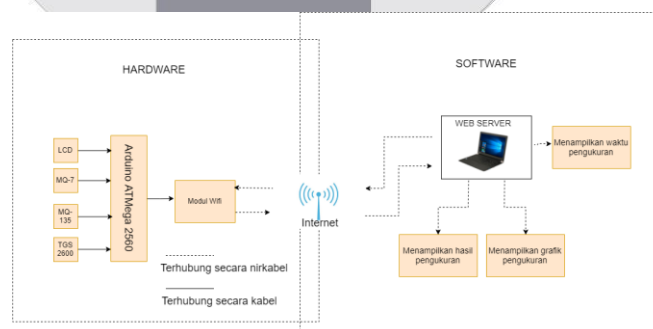
3. Perancangan dan Alat

3.1 Perancangan Sistem

perancangan aplikasi monitoring Perhitungan Kadar Asap Incinerator berbasis mikrokontroler, meliputi berupa tahap perancangan, gambar dibawah ini adalah blok system pembakaran yang menunjukkan hubungan antara mikrokontroler sebagai pusat control dengan peripheral lainnya

3.2 Sistem Monitoring dan Kontrol Secara Umum

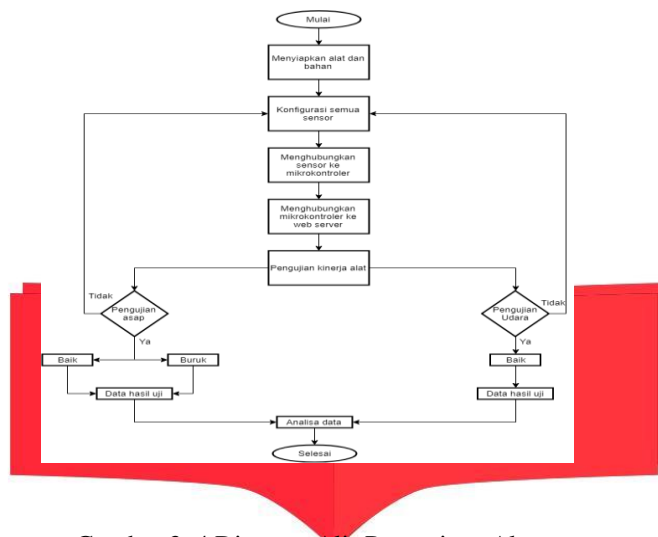
Perancangan system pada proyek akhir ini tersusun dari beberapa blok-blok rangkaian elektronika dengan fungsi masing-masing untuk mendukung bekerjanya system secara normal. Berikut diagram sistem monitoring dan control.



Gambar 3.1 Blok Sistem Secara Umum

3.3 Diagram Alir

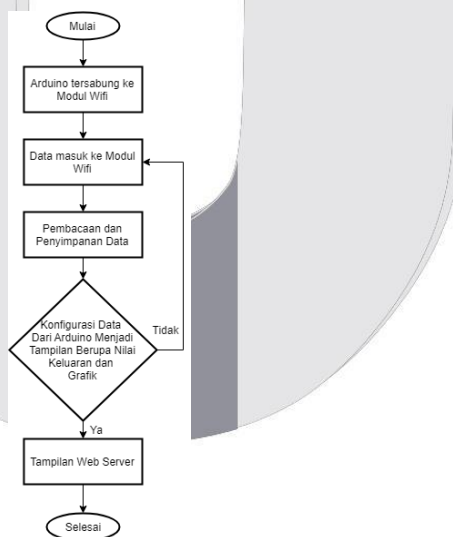
3.3.1 Diagram Alir Pengerjaan Alat



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengerjaan Alat

Pada gambar 3.3 diagram alir diatas merupakan flowchart pengerjaan dari perancangan alat . Langkah pertama yaitu menyiapkan semua alat yang digunakan dalam pengukuran Incinerator, lalu mengkonfigurasi semua sensor yang digunakan untuk membaca nilai sensor yang terakhir kali disimpan.

3.3.2 Blok Diagram



Gambar 3.2 Flowchart Pengerjaan IoT

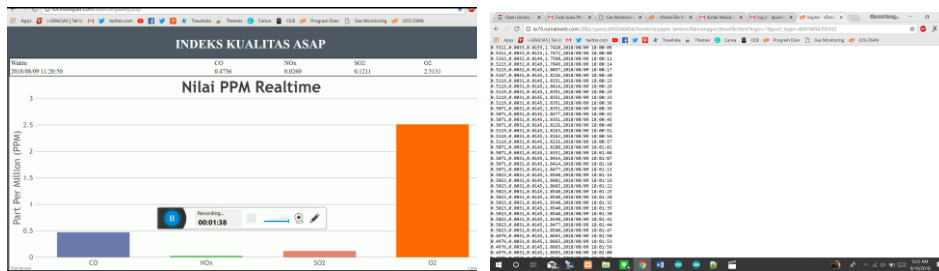
Dari *flowchart* di atas, dapat dijelaskan bahwa data yang diolah di Arduino ATmega 2560 dikirim melalui sambungan wifi sebagai gateway. Wifi akan menghubungkan alat ke webserver dan memasukkan data yang akan disimpan di logsatu untuk alat monitoring satu dan logdua.txt.

Database ini menginformasikan data secara realtime. Namun untuk tampilan *web range* waktunya dapat di atur sesuai yang sudah di tentukan. Data akan ditampilkan dan diolah menjadi dua jenis yaitu, dengan grafik dan tabel sehingga yang memonitoring dapat memahami hasil dengan baik.

4. Hasil dan Pengujian Sistem

4.1 Implementasi Iot

Web server yang digunakan dibuat melalui kodinga cPanel. Tampilan pada web server berjudul Indeks Kualitas Asap.



Gambar 4.3 Tampilan web server dan database saat pengujian

Pada gambar 4.1 menampilkan tampilan web server dan database saat pengukuran. Pada saat pengukuran tampilan yang dihasilkan yaitu grafik pengukuran dan nilai keluaran berupa nilai-nilai yang dihasilkan dari LCD kemudian ditampilkan kembali ke web server.

4.2 Pengujian dan Analisa Sensor

4.2.1 Pengujian Sensor pada Incinerator

Pengujian yang dilakukan pada tahap ini pada pembakaran *Incinerator*. Pada bagian ini dilakukan untuk mengetahui pengukuran pada zat CO, Nox, SO₂ dan O₂ yang di deteksi oleh sensor menggunakan pengukuran asap *Incinerator*.

Tabel 4.1 Pengujian nilai CO, Nox, SO₂ dan O₂

No	Waktu	Hasil CO (PPM)	Hasil CO (mg/m ³)	Hasil NOx (PPM)	Hasil NOx (mg/m ³)	Hasil SO ₂ (PPM)	Hasil SO ₂ (mg/m ³)	Hasil O ₂ (PPM)	Hasil O ₂ (mg/m ³)	Delay(detik)
1	5	0,4688	468,8	0,0261	26,1	0,1220	122,0	1,6217	1621.7	5,25
2	10	0,4497	449,7	0,0270	27,0	0,1220	122,0	1,9321	1932.1	8,13
3	15	0,5550	555,0	0,0300	30,0	0,1262	126,2	1,1258	1125.8	11,26
4	20	0,5311	531,1	0,0289	28,9	0,1405	140,5	1,2764	1276.4	2,34
5	25	0,5215	521,5	0,0287	28,7	0,1355	135,5	1,3957	1395.7	7,19
6	30	0,7323	732,3	0,0328	32,8	0,1342	134,2	1,4836	1483.6	5,87
7	35	0,7275	727,5	0,0329	32,9	0,1532	153,2	1,5401	1540.1	6,66
8	40	0,5071	507,1	0,0278	27,8	0,1540	154,0	1,5715	1571.5	4,26
9	45	0,4976	497,6	0,0276	27,6	0,1300	130,0	1,2827	1282.7	5,92
10	50	0,6317	631,7	0,0312	31,2	0,1291	129,1	1,1760	1176.0	12,98
11	55	0,6317	631,7	0,0312	31,2	0,1460	146,0	1,2576	1257.6	3,98
12	60	0,6987	698,7	0,0325	32,5	0,1519	151,9	1,4396	1439.6	1,67
									Jumlah	75,51
									Rata-rata	6,29

Pada table 4.1 diatas menjelaskan perbandingan nilai pengukuran kadar asap yang dihasilkan zat CO, Nox, SO₂ dan O₂ dari pembakaran sampah incinerator, sehingga didapatkan hasil perbandingan dengan 60 detik (1menit) percobaan dan didapatkan hasil delay sebesar 6,29 detik.

1.2.2 Pengujian Sensor pada Pembakaran Biasa Menggunakan Kertas

Pengujian yang dilakukan pada tahap ini pada pembakaran *Incinerator*. Pada bagian ini dilakukan untuk mengetahui pengukuran pada zat CO, Nox, SO₂ dan O₂ yang di deteksi oleh sensor menggunakan pengukuran asap pembakaran biasa menggunakan kertas.

Tabel 4.2 Pengukuran nilai CO, Nox, SO₂, O₂

No	Waktu	Hasil CO (PPM)	Hasil CO (mg/m ³)	Hasil NOx (PPM)	Hasil NOx (mg/m ³)	Hasil SO ₂ (PPM)	Hasil SO ₂ (mg/m ³)	Hasil O ₂ (PPM)	Hasil O ₂ (mg/m ³)	Delay (detik)
1	5	0,8424	842,4	0,0054	5,4	0,0250	25,0	0,0250	25,0	13,54
2	10	0,9344	934,4	0,0091	9,1	0,0419	41,9	0,0419	41,9	6,70
3	15	0,9239	932,9	0,0081	8,1	0,0372	37,2	0,0372	37,2	10,00
4	20	0,7993	799,3	0,0065	6,5	0,0301	30,1	0,0301	30,1	12,83

5	25	0,7323	732,3	0,0055	5,5	0,0254	25,4	0,0254	25,4	5,82
6	30	0,6939	639,9	0,0049	4,9	0,0225	22,5	0,0225	22,5	7,27
7	35	0,6700	670,0	0,0046	4,6	0,0212	21,2	0,0212	21,2	4,69
8	40	0,6556	655,6	0,0045	4,5	0,0258	25,8	0,0258	25,8	9,91
9	45	0,7275	727,7	0,0058	5,8	0,0267	26,7	0,0267	26,7	6,93
10	50	0,7466	746,6	0,0070	7,0	0,0322	32,2	0,0322	32,2	11,47
11	55	0,7083	708,3	0,0058	5,8	0,0275	27,5	0,0275	27,5	1,25
12	60	0,6700	670,0	0,0046	4,6	0,0250	25,0	0,0250	25,0	1,67
Jumlah										92,08
Rata-rata										7,67

Pada tabel 4.2 diatas menjelaskan perbandingan nilai pengukuran kadar asap yang dihasilkan zat CO, Nox, SO₂, O₂ dari pembakaran sampah biasa menggunakan sampah kertas, sehingga didapatkan hasil perbandingan dengan 60 detik (1menit) percobaan dan didapatkan hasil delay sebesar 7,67 detik.

1.2.3 Pengujian Sensor pada Pembakaran Biasa Menggunakan Plastik

Pengujian yang dilakukan pada tahap ini pada pembakaran *Incinerator*. Pada bagian ini dilakukan untuk mengetahui pengukuran pada zat CO, Nox, SO₂ dan O₂ yang di deteksi oleh sensor menggunakan pengukuran asap pembakaran biasa menggunakan plastik

Tabel 4.3 Pengukuran nilai CO, Nox, SO₂, O₂

No	Waktu	Hasil CO (PPM)	Hasil CO (mg/m ³)	Hasil NOx (PPM)	Hasil NOx (mg/m ³)	Hasil SO ₂ (PPM)	Hasil SO ₂ (mg/m ³)	Hasil O ₂ (PPM)	Hasil O ₂ (mg/m ³)	Delay (detik)
1	5	1,0723	1072,3	0,0091	9,1	0,0419	41,9	1,2074	1207,4	5,01
2	10	1,2208	1220,8	0,0107	10,7	0,0490	49,0	1.1572	1157,2	6,83
3	15	1,3262	1326,2	0,0109	10,9	0,0503	50,3	1,9732	1973,2	4,92
4	20	1,2831	1283,1	0,0101	10,1	0,0465	46,5	2,0108	2010,8	5,47
5	25	1,2831	1283,1	0,0101	10,1	0,0465	46,5	1,4145	1414,5	9,53
6	30	1,2975	1297,5	0,0097	9,7	0,0448	44,8	1,2074	1207,4	10,03
7	35	1,1107	1110,7	0,0086	8,6	0,0393	39,3	1,2074	1207,4	7,57
8	40	0,9861	986,1	0,0069	6,9	0,0318	31,8	2,3624	2362,4	3,96
9	45	0,9286	928,6	0,0063	6,3	0,0288	28,8	2,2243	2224,3	1,16
10	50	0,8807	880,7	0,0058	5,8	0,0267	26,7	1,6342	1634,2	0,86
11	55	0,9143	914,3	0,0066	6,6	0,0305	30,5	1,7724	1772,4	1,80
12	60	0,7945	794,5	0,0053	5,3	0,0242	24,2	1,7975	1797,5	1,56
Jumlah										58,7
Rata-rata										4,89

Pada tabel 4.3 menjelaskan perbandingan nilai pengukuran kadar asap yang dihasilkan zat CO, Nox, SO₂, O₂ dari pembakaran sampah biasa menggunakan sampah plastik, sehingga didapatkan hasil perbandingan dengan 60 detik (1menit) percobaan dan didapatkan hasil delay sebesar 4,89 detik.

1.2.4 Pengujian Sensor pada Pembakaran Biasa Menggunakan Sampah Campuran

Pengujian yang dilakukan pada tahap ini pada pembakaran *Incinerator*. Pada bagian ini dilakukan untuk mengetahui pengukuran pada zat CO, Nox, SO₂ dan O₂ yang di deteksi oleh sensor menggunakan pengukuran asap pembakaran biasa menggunakan sampah campuran.

Tabel 4.4 Pengukuran nilai CO, Nox, SO₂, O₂

No	Waktu	Hasil CO (PPM)	Hasil CO (mg/m ³)	Hasil NOx (PPM)	Hasil NOx (mg/m ³)	Hasil SO ₂ (PPM)	Hasil SO ₂ (mg/m ³)	Hasil O ₂ (PPM)	Hasil O ₂ (mg/m ³)	Delay (detik)
1	5	0,5215	521,5	0,0031	3,1	0,0145	14,5	1,8288	1828,8	5,45
2	10	0,5215	521,5	0,0032	3,2	0,0145	14,5	1,8266	1826,6	10,82
3	15	0,5215	521,5	0,0032	3,2	0,0149	14,9	1,8163	1816,3	7,23
4	20	0,5263	526,3	0,0032	3,2	0,0149	14,9	1,8163	1816,3	9,44
5	25	0,5407	540,7	0,0033	3,3	0,0157	15,7	1,7849	1784,9	13,17
6	30	0,5359	535,9	0,0033	3,3	0,0157	15,7	1,7535	1753,5	5,72
7	35	0,5359	535,9	0,0034	3,4	0,0157	15,7	1,7284	1728,4	3,27

8	40	0,5407	540,7	0,0034	3,4	0,0157	15,7	1,7159	1715,9	2,13
9	45	0,6317	631,7	0,0045	4,5	0,0208	20,8	1,6154	1615,4	9,67
10	50	0,6317	631,7	0,0045	4,5	0,0208	20,8	1,6154	1615,4	7,47
11	55	0,9622	962,2	0,0079	7,9	0,0364	36,4	1,1948	1194,8	0,95
12	60	1,2831	1283,1	0,0126	12,6	0,0579	57,9	0,5671	567,1	1,29
									Jumlah	76,61
									Rata-rata	6,38

Pada tabel 4.12 sampai 4.16 diatas menjelaskan perbandingan nilai pengukuran kadar asap yang dihasilkan zat CO, Nox, SO₂, O₂ dari pembakaran sampah biasa menggunakan sampah plastik, sehingga didapatkan hasil perbandingan dengan 60 detik (1menit) percobaan dan didapatkan hasil delay sebesar 6,38 detik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian pada alat, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perancangan kualitas kadar asap monitoring dan control kadar asap sudah sesuai dengan yang diinginkan, karena dengan hasil pengukuran yang sudah dilakukan selama 7 kali percobaan, data yang dihasilkan mendekati dengan parameter kadar asap.
2. Jika jarak modul wifi >20 meter maka data tidak akan bisa diterima oleh webserver.
3. Delay rata-rata pengiriman data kadar asap ke webserver adalah 6,31 detik
4. Tampilan *webserver* dapat menampilkan secara realtime setiap 1-5 detik dan langsung meyimpan log pengukuran dalam satu log.txt. namun terkadang tampilan *webserver* harus direupload.
5. Pada pengukuran *Incinerator* nilai yang dihasilkan lebih baik dibandingkan nilai pengukuran menggunakan pembakaran biasa.

Daftar Pustaka

- [1] Pradipta (2011). *Penelitian Incinerator*. Indonesia : Salemba Medika
- [2] Budiman, Arif. 2001. Modifikasi Desain dan Uji Untuk Kerja Alat Pembakaran Sampah (*Incinerator*) Tipe Batch.<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456> [diakses 12 oktober 2017]
- [3] Latief, A. Sutowo. Manfaat dan Dampak Penggunaan *Incinerator* Terhadap Lingkungan.http://www.polines.ac.id/teknik/upload/jurnal/jurnal_teknis_1336471916.pdf [Diakses 12 oktober 2017]
- [4] Triaksono (2002). *Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Menggunakan Teknologi Incinerator*. Indonesia.
- [5] Asthon, K., 2009, That '*Internet of Things*' Thing: In the real world, things matter more than ideas., HYPERLINK "<https://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>"
<https://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>, diakses 02 Januari 2018.
- [6] Elektronika Dasar. (2000, 20 April). LCD Liquid \Xristal Display. Diperoleh 03 Desember 2017, URL, HYPERLINK "<http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>" <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>
- [7] Gasoline Exhaust Gas Sensor TGS2600 Technical Data, Figaro Inc Japan, 2000.
- [8] Ubaidillah, Maulana. "Alat Ukur Kualitas Udara Menggunakan Sensor Gas MQ135 Berbasis Mikrokontroler ATMega16A". 23 Oktober 2017. HYPERLINK "<https://www.academia.edu/11491199/>"
<https://www.academia.edu/11491199/> .
- [9] A. Tresna Sastrawijaya, 2000, Pencemaran Lingkungan, Rineka Cipta, Jakarta. 2000.