



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202049492, 13 November 2020

Pencipta

Nama : **Lina Warlina, Sri Listyarini dkk**
Alamat : Jalan Cabe Raya Pondok Cabe, Pd. Cabe Udik, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15437, Tangerang Selatan, BANTEN, 15437
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Lina Warlina, Sri Listyarini dkk**
Alamat : Jalan Cabe Raya Pondok Cabe, Pd. Cabe Udik, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15437, Tangerang Selatan, BANTEN, 15437
Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Laporan Penelitian**

Judul Ciptaan : **ARSITEKTUR MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS INTERNET OF THING (IOT) DI TANGERANG SELATAN**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 1 November 2020, di Tangerang Selatan

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000218467

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Lina Warlina	Jalan Cabe Raya Pondok Cabe, Pd. Cabe Udik, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15437
2	Sri Listyarini	Jalan Cabe Raya Pondok Cabe, Pd. Cabe Udik, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15437
3	Aceng Sambas	Jl. Tamansari No.KM 2,5, Mulyasari, Kec. Tamansari, Tasikmalaya, Jawa Barat 46196

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Lina Warlina	Jalan Cabe Raya Pondok Cabe, Pd. Cabe Udik, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15437
2	Sri Listyarini	Jalan Cabe Raya Pondok Cabe, Pd. Cabe Udik, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15437
3	Aceng Sambas	Jl. Tamansari No.KM 2,5, Mulyasari, Kec. Tamansari, Tasikmalaya, Jawa Barat 46196



LAPORAN PENELITIAN

ARSITEKTUR MONITORING KUALITAS UDARA
BERBASIS *INTERNET OF THING* (IOT)
DI TANGERANG SELATAN



Disusun oleh:

Dr. Lina Warlina, M.Ed.

Dr. Sri Listyarini, M.Ed.

Aceng Sambas M.Sc.

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS TERBUKA

2020

I. IDENTITAS

1. Judul Usulan : Arsitektur Monitoring kualitas udara berbasis *Internet of Thing* (IoT) di Tangerang Selatan

2. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap/NIDK: Dr. Lina Warlina, M.Ed. / 000701196112
- b. Bidang Keahlian : Lingkungan
- c. Jabatan Struktural : Pembina
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- e. Unit Kerja : FST Universitas Terbuka
- f. ID Sinta : 6035194
- g. Scopus ID : 57204226273
- h. E-mail : warlina@ecampus.ut.ac.id

3. Anggota Peneliti

No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Instansi	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	Dr. Sri Listyarini, M.Ed	Lingkungan	FST-UT	6
2	Aceng Sambas M.Sc.	Matematika	UMTAS	6

4. Objek penelitian: Kualitas udara di Tangerang Selatan

5. Masa pelaksanaan penelitian:

- Mulai : Februari 2020
- Berakhir : November 2021

6. Anggaran yang diusulkan pada tahun pertama: Rp. **49.920.000** (Empat puluh sembilan juta sembilan ratus dua puluh ribu rupiah)

7. Lokasi penelitian: Tangerang Selatan

II. RINGKASAN

Peningkatan jumlah kendaraan di suatu daerah dapat menyebabkan polusi udara. Polusi merupakan faktor utama dalam menurunkan kualitas udara. Penurunan kualitas udara dapat menyebabkan berbagai masalah seperti perubahan iklim global, kerusakan lingkungan, penyakit asma dan kanker paru-paru. Dalam tulisan ini, disajikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis Arduino Uno di Kota Tangerang. Polusi udara yang diukur adalah karbon monoksida (CO), butana (C_4H_{10}), partikulat ($PM_{2.5}$) dan ozon (O_3). Jenis sensor yang digunakan adalah MQ-131 untuk sensor ozon (O_3), MQ-7 untuk karbon monoksida (CO), GP2Y1010AU0F untuk partikulat ($PM_{2.5}$), dan MQ-2 untuk butana (C_4H_{10}). Alat ini dibuat dengan menggunakan Arduino Uno mikrokontroler dan data dari sensor dikirim ke *Liquid Crystal Display* (LCD) yang divisualisasikan dalam bentuk angka. Pengambilan data dilakukan di Jalan Cabe Raya Pondok Cabe, Tangerang Selatan. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa karbon monoksida (CO) memiliki konsentrasi rata-rata 2,79 ppm, untuk konsentrasi gas ozon (O_3) sebesar 0,08 ppm, untuk konsentrasi bahan partikulat ($PM_{2.5}$) sebesar 35,51 ppm dan untuk konsentrasi butana (C_4H_{10}) sebesar 35,05 ppm. Berdasarkan data yang diperoleh, Tangerang Selatan memiliki tingkat pencemaran bahan partikulat ($PM_{2.5}$) yang cukup tinggi. Oleh karena itu, pada penelitian lanjutan kami akan fokus pada kajian ini. Luaran yang dicapai pada tahun pertama adalah Hak Kekayaan Intelektual (HKI), artikel konferensi ilmiah ICSTEIR 2020, jurnal internasional IJESD dan produk berupa alat monitoring kualitas udara. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka penelitian lanjutan pada tahun kedua (2021) akan dilakukan pengembangan system monitoring kualitas udara berbasis IoT untuk partikulat ($PM_{2.5}$). Tahun ketiga (2022) akan dikembangkan model untuk memprediksi kualitas udara untuk masa lampau, hari ini dan masa yang akan datang berbasis AI (*Artificial Intellegent*) pada konsentrasi partikulat.

Key word: Kualitas udara, polusi udara, *Internet of Thing* (IoT)

III. LATAR BELAKANG

Kualitas udara memiliki peran penting bagi kesehatan masyarakat, lingkungan, dan ekonomi di berbagai negara industri. Beberapa negara seperti di Eropa dan Amerika Serikat telah melakukan penelitian untuk mengurangi emisi dari beberapa polutan udara (*European Environment Agency*, 2014 dan *United States Environmental Protection Agency*, 2014) seperti karbon monoksida (CO), benzena (C₆H₆), sulfur dioksida (SO₂), dan timbal (Pb), nitrogen dioksida (NO₂), ozon (O₃), partikulat (PM), dan beberapa senyawa organik lainnya adalah zat yang dapat mengancam kesehatan masyarakat. Laporan yang diterbitkan oleh Badan Lingkungan Eropa (EEA) (*European Environment Agency*, 2014) pada November 2014 memberikan tinjauan menyeluruh tentang langkah-langkah dan kebijakan yang diadopsi di tingkat Eropa untuk meningkatkan kualitas udara dan mengurangi dampaknya polusi udara pada kesehatan masyarakat dan ekosistem. Selain itu, laporan ini menggambarkan efek polusi udara pada kesehatan, iklim, dan ekosistem.

Kualitas udara memiliki peranan yang penting bagi kesehatan, iklim dan ekosistem seperti yang dinyatakan oleh Kiss, *et al* (2015), Swart, *et al* (2004), Kan, *et al* (2012), dan Peel, *et al* (2013). Kualitas udara yang buruk dapat, dapat menyebabkan kesehatan yang buruk dan kematian dini, serta kerusakan pada ekosistem, tanaman, dan bangunan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wilson, *et al* (2019), Perera (2018), Matos, *et al* (2019), dan Bhandari & Bijlwan (2019). Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara di daerah perkotaan sangat penting agar masyarakat dapat mengetahui kualitas udara di lingkungannya. Namun, selama ini sulit bagi warga untuk mendapatkan data tersebut. Bahkan, kualitas udara biasanya hanya dapat dipantau melalui stasiun pemantauan yang mahal, yang dipasang di beberapa lokasi tertentu, dan dikelola oleh pemerintah. Di sisi lain, masyarakat sangat tertarik untuk mengetahui kondisi kualitas udara di tempat mereka tinggal atau beraktivitas seperti di rumah, sekolah, tempat kerja, taman umum, dan lain-lain.

Sistem pemantauan kualitas udara menggunakan internet telah banyak diteliti oleh para ilmuwan. Pada tahun 2016, Fioccola membangun Polluino, yaitu sistem pemantauan polusi udara berbasis Arduino yang menggunakan konsep *Internet of Things* (IoT). Pengambilan data dilakukan di daerah Marigliano, Napoli, Italia. Data sensor dikirim ke server dan diolah menggunakan server berbasis *cloud*. *Cloud* yang digunakan menggunakan *Platform as a Service* (PaaS) dan antarmuka deploy menggunakan Node-RED (Fioccola, *et al*, 2016). Namun, sistem yang ditawarkan ini masih menggunakan kabel sehingga tidak cocok digunakan di luar ruangan. Pada tahun 2018, Benammar telah berhasil membuat sistem *indoor air quality monitoring* (IAQM) yang dapat mengukur CO₂, CO, SO₂, NO₂, O₃, Cl₂, suhu dan kelembaban (Benammar, *et al*, 2018). Sistem pengiriman data sensor menggunakan teknologi *wireless sensor networks* (WSNs) dan pengiriman data ke internet menggunakan konsep *Internet-of-Things* (IoT). Namun, sistem tersebut terlalu mahal dan hanya dapat digunakan di ruangan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dalam penelitian ini diusulkan sebuah sistem monitoring yang dapat menampilkan parameter kualitas udara secara bersamaan menggunakan sensor-sensor yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino. Hasil pemantauan kualitas udara akan ditampilkan pada sebuah tampilan web secara *real time* yang dapat diakses oleh seluruh masyarakat untuk mengetahui informasi tentang kualitas udara pada suatu lingkungan.

Tujuan Penelitian

Merujuk dari uraian latar belakang di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membangun rancang bangun kualitas udara berbasis Arduino Uno dan Internet of Thing (IoT).
2. Mengetahui data kualitas udara di kota Tangerang Selatan.
3. Menampilkan data di *smartphone* sehingga dapat dilihat dimana saja dan kapan saja.

Urgensi Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada hal-hal berikut.

1. Terciptanya *hardware* pemantauan kualitas udara yang murah dan kompatibel sehingga dapat disimpan di dalam atau di luar ruangan tempat masyarakat tinggal.
2. Menghasilkan data kualitas udara yang dapat diolah lebih lanjut oleh ilmuan atau pemerintah sehingga data tersebut dapat dijadikan referensi untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan.

IV. TINJAUAN PUSTAKA

Indeks Kualitas Udara (IKU)

Di setiap negara, pemantauan kualitas udara diatur oleh hukum. Misalnya, di Eropa, Directive kualitas udara 2008/50/EC (*Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe*) mendefinisikan nilai batas untuk setiap polutan dan menentukan metode yang digunakan untuk mengukur konsentrasi polutan. Sensor gas yang murah (seperti yang diusulkan pada penelitian ini) tidak selalu mencapai kualitas yang ditentukan oleh hukum. Namun, perangkat monitoring kualitas udara ini dimaksudkan untuk memberikan informasi yang berguna tentang kualitas udara di lokasi tertentu, sehingga membuat masyarakat sadar akan adanya polusi udara. Perangkat monitoring yang dikembangkan ini mendefinisikan Indeks Kualitas Udara (IKU) secara sederhana untuk memberikan pengukuran tingkat pencemaran udara yang mudah dibaca dan dimengerti, bahkan untuk orang awam. Pada dasarnya, setiap perangkat monitoring menampilkan angka yang menunjukkan tingkat polusi di udara. Tidak diperlukan pengetahuan khusus untuk menafsirkan nilai ini. Secara sederhana, semakin tinggi nilai indeks, maka semakin tinggi konsentrasi pencemar udara. Untuk menghitung IKU, konsentrasi pencemar udara dihitung dan dibandingkan dengan batas ambang (*ambient*) yang ditetapkan oleh hukum. IKU diperoleh dengan membandingkan konsentrasi rata-rata gas yang dipantau dengan nilai batas ambang yang ditentukan oleh peraturan nasional,

$$IKU = \max \left\{ \frac{G_1^{meas}}{G_1^{lim}}, \frac{G_2^{meas}}{G_2^{lim}}, \frac{G_3^{meas}}{G_3^{lim}}, \dots, \frac{G_N^{meas}}{G_N^{lim}} \right\} \quad (1)$$

Kita asumsikan sedang mengukur N gas polusi udara. Untuk setiap gas yang dipasang G_i dengan i adalah gas ke 1 sampai ke N , G_i^{meas} ditentukan dari rata-rata pengukuran selama satu hari dengan periode pengukuran yang telah ditentukan oleh hukum. Sedangkan G_i^{lim} merupakan batas ambang konsentrasi yang diizinkan. Dalam Persamaan (1), konsentrasi masing-masing polutan yang diukur, dibagi dengan batas ambang referensi. Kemudian IKU dipilih berdasarkan nilai tertinggi (sesuai dengan polutan dengan konsentrasi tertinggi) di antara rasio yang diperoleh. Dengan cara ini, perangkat monitoring tersebut dapat memperingatkan kita jika terdapat polutan yang melebihi konsentrasi maksimum yang diizinkan. Pada penelitian ini yang dipantau adalah polutan berupa karbon monoksida (CO), ozon (O₃), partikulat (PM_{2.5}), dan butana (C₄H₁₀) sehingga, Persamaan (1) dapat ditulis ulang menjadi:

$$IKU = \max \left\{ \frac{O_3^{meas}}{O_3^{lim}}, \frac{NO_2^{meas}}{NO_2^{lim}}, \frac{CO^{meas}}{CO^{lim}} \right\} \quad (2)$$

Nilai batas dan rata-rata periode untuk CO, O₃, PM_{2.5}, dan C₄H₁₀ (ditentukan oleh (*Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council*)) dapat dilihat seperti pada Tabel 1.

Selain itu, studi pendahuluan terkait polusi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Ilustrasi *state of the art* penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Rata-rata periode dan batasan untuk CO, O₃, PM_{2.5}, dan C₄H₁₀

Polusi	Periode rata-rata	Batas Ambang
Karbon monoksida CO	Maksimum rata-rata 8 jam	10 mg/m ³
Ozon O ₃	Maksimum rata-rata per jam	180 µg/m ³
Partikulat PM _{2.5}	Maksimum rata-rata per jam	... µg/m ³
Butana (C ₄ H ₁₀)		

Tabel 2. Studi Pendahuluan yang Telah Pengusul Laksanakan
(Rekam Jejak Pengusul)

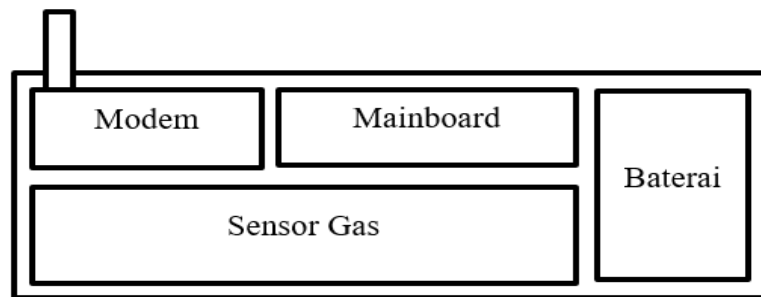
No	Tahun	Kajian penelitian	Dipublikasikan Pada
1	2015	<i>A dynamic model of pollution impact of dioxin/furan on the environment, society and economy</i>	<i>Air Pollution, WIT Press in Great Britain</i>
2	2017	<i>The Development Model of the Policy alternatives in controlling air pollution in Jakarta Province, Indonesia</i>	<i>International Journal of Environmental Science and Development</i>
3	2017	<i>The alternative model policies to reduce the impact of climate change on the environment and the economy</i>	<i>The 2nd Advances in Environmental Science and Engineering Research International Conference (AESERIC 2017)</i>
4	2020	Sistem monitoring kualitas udara berbasis <i>Internet of Thing</i> (IOT) di kota Tangerang Selatan	Penelitian yang sedang dikerjakan

Tabel 3. Ilustrasi *State of The Art* teknologi monitoring kualitas udara

Referensi	Hasil Penelitian
Lambebo dan Haghani (2014)	Mereka membuat sistem pemantauan gas yang berada di <i>greenhouse</i> dengan menggunakan sensor gas CO, CO ₂ , dan CH ₄ . Sistem ini menggunakan teknologi WSN yang terdiri dari <i>sensor node</i> dan <i>base station</i> yang saling berkomunikasi satu sama lain menggunakan modul XBee IEEE 802.15.4. Namun, sistem ini sangat mahal dan memerlukan sistem kontrol yang lebih banyak karena menggunakan modul radio Xbee.
Fioccola, <i>et al</i> (2016)	Mereka membangun Polluino, yaitu sistem pemantauan polusi udara berbasis Arduino yang menggunakan konsep <i>Internet of Things</i> (IoT). Pengambilan data dilakukan di daerah Marigliano, Napoli, Italia. Data sensor dikirim ke server dan diolah menggunakan server berbasis <i>cloud</i> . <i>Cloud</i> yang digunakan menggunakan Platform as a Service (PaaS) dan antarmuka deploy menggunakan Node-RED. Namun, sistem yang ditawarkan ini masih menggunakan kabel sehingga tidak cocok digunakan di luar ruangan.
Benammar, <i>et al.</i> (2018)	Mereka membuat sistem indoor air quality monitoring (IAQM) yang dapat mengukur CO ₂ , CO, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , Cl ₂ , suhu dan kelembaban. Sistem pengiriman data sensor menggunakan teknologi <i>wireless sensor networks</i> (WSNs) dan pengiriman data ke internet menggunakan konsep <i>Internet-of-Things</i> (IoT). Namun, sistem tersebut terlalu mahal dan hanya dapat digunakan di ruangan.
Riset yang sedang dikerjakan	Kami menyajikan desain sistem pemantauan kualitas udara di kota Tangerang Selatan berdasarkan <i>Internet of Things</i> (IoT). Kualitas udara yang diukur adalah ozon (O ₃), karbon monoksida (CO), partikulat (PM _{2.5}), dan butana (C ₄ H ₁₀). Jenis sensor yang digunakan adalah MQ-131 untuk sensor ozon, MQ-7 untuk karbon monoksida dan MQ-2 untuk sensor butana. Alat ini dibangun menggunakan mikroprosesor Arduino Uno dan data sensor dikirim ke internet dan divisualisasikan dalam bentuk grafik di <i>smartphone</i> . Pengumpulan data dilakukan di Jalan Cabe Raya Pondok Cabe, Tangerang Selatan.

Arsitektur

Alat pemantauan kualitas udara ini dilengkapi dengan mikrokontroler 8-bit, dan modem yang terkoneksi ke internet menggunakan model HTTP. Alat ini dilengkapi dengan MQ-131 untuk sensor ozon (O₃), MQ-7 untuk karbon monoksida (CO), GP2Y1010AU0F untuk partikulat (PM_{2.5}), dan MQ-2 untuk butana (C₄H₁₀) dan dapat mengukur kualitas udara dengan periode sampling 1 menit untuk setiap gas. Selain itu, alat ini diprogram menggunakan bahasa pemrograman C dan dilengkapi dengan antena, tombol aktivasi, baterai isi ulang 6600 mAh. Diagram blok perangkat monitor seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Perangkat Pemantauan Kualitas Udara

Untuk mendapatkan akurasi yang baik, setiap node sensor harus dikalibrasi secara individual. Fase kalibrasi ini perlu dilakukan karena sensor yang murah biasanya memiliki toleransi parameter yang sangat besar. Ini menjelaskan bahwa kurva respon gas dari sampel yang berbeda dengan jenis sensor yang sama (misalnya, sensor CO) tidak akan sama. Semua sensor yang akan digunakan merupakan tipe resistif dan responsnya hampir linier dalam plot log, seperti yang ditunjukkan dalam datasheet tiap sensor. Untuk menghitung konsentrasi gas dapat dilihat pada persamaan (1).

$$\log(C) = k_1 \log_{10}(R) + k_2 \quad (1)$$

dimana C adalah konsentrasi gas, R adalah resistensi sensor, sedangkan k_1 dan k_2 adalah konstanta yang bergantung pada jenis sensor

Sistem pengiriman data sensor menggunakan teknologi *Internet-of-Things* (IoT) telah disajikan pada laporan ini. Data sensor dikirim ke sebuah website <http://comcoman.com/qlog/>. Grafik yang ditampilkan pada website dibagi menjadi tiga bagian, yaitu, Harian, Bulanan dan Tahunan.

Penelitian ini direncanakan dilakukan dalam 3 tahun, yaitu:

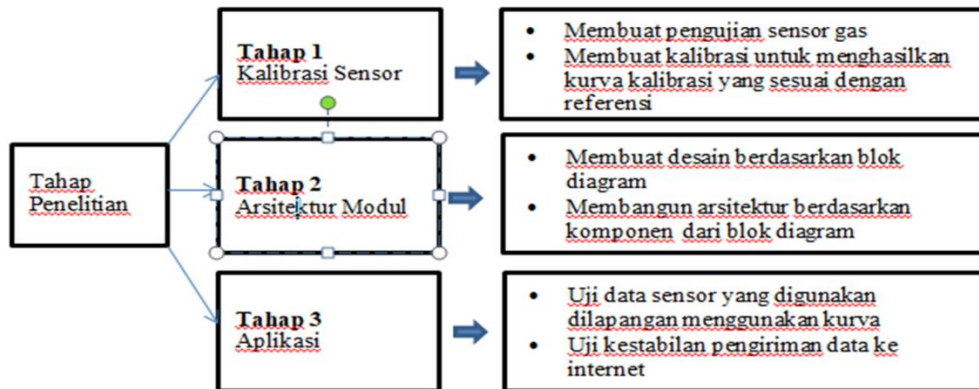
- Tahun pertama (2020) akan dilakukan pengembangan system monitoring kualitas udara berbasis IOT untuk jenis pencemaran udara ozon (O₃), karbon monoksida (CO), partikulat (PM_{2.5}), dan butana (C₄H₁₀).
- Tahun kedua (2021) akan dilakukan pengembangan system monitoring kualitas udara berbasis IOT untuk jenis pencemaran partikulat

- Tahun ketiga (2022) akan dikembangkan model untuk memprediksi kualitas udara untuk masa lampau, hari ini dan masa yang akan datang berbasis AI

V. METODE PENELITIAN

Tahapan ini dibagi menjadi 3 bagian. Pertama, menganalisis sensor-sensor yang digunakan, serta mengkalibrasi tiap sensor. Kedua, membuat desain perangkat monitoring yang digunakan untuk mengukur kualitas udara. Terakhir, menganalisis data yang dihasilkan dari hasil pengukuran sehingga dapat dijadikan referensi kualitas udara di Tangerang Selatan.

Pada tahapan implementasi mencakup proses kalibrasi sensor-sensor gas yang digunakan untuk sistem pemantauan kualitas udara di lapangan. Uji kestabilan pengiriman data oleh modul GSM A6 ke internet. Prosedur kalibrasi dilakukan dengan memasukan konsentrasi gas yang berbeda di dalam ruang tertutup kecil. Pengujian dilakukan menggunakan dua konsentrasi gas: (i) tingkat polutan nol, diperoleh dengan memasukan udara bersih dan (ii) tingkat referensi (yaitu, 100 ppm untuk CO) yang diperoleh dengan menggunakan tabung gas yang mengandung konsentrasi polutan tersebut. Metode penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Metode Penelitian

VI. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Untuk luaran utama berupa artikel jurnal masih dalam proses pembuatan. Artikel tersebut direncanakan akan disubmit pada jurnal nasional bereputasi. Luaran lain dari penelitian ini berupa model atau desain produk dalam ruang lingkup pemantauan pencemaran udara pada lingkungan kota masih dalam proses penyempurnaan untuk penelitian yang akan datang.

Luaran yang telah dihasilkan adalah telah disubmit nya artikel dan diterima untuk mengikuti konferensi dan dipublikasikan di Proceeding IOP Conference Series Materials Science and Engineering yang terindek Scopus. Konferensi merupakan “1 st Internasional Conference on Science, Technology, Engineering and Industrial Revolution (ICSTEIR 2020)” yang akan dilaksanakan pada 23-24 Januari 2021. Artikel dan bukti submit terlampir (Lampiran 1).

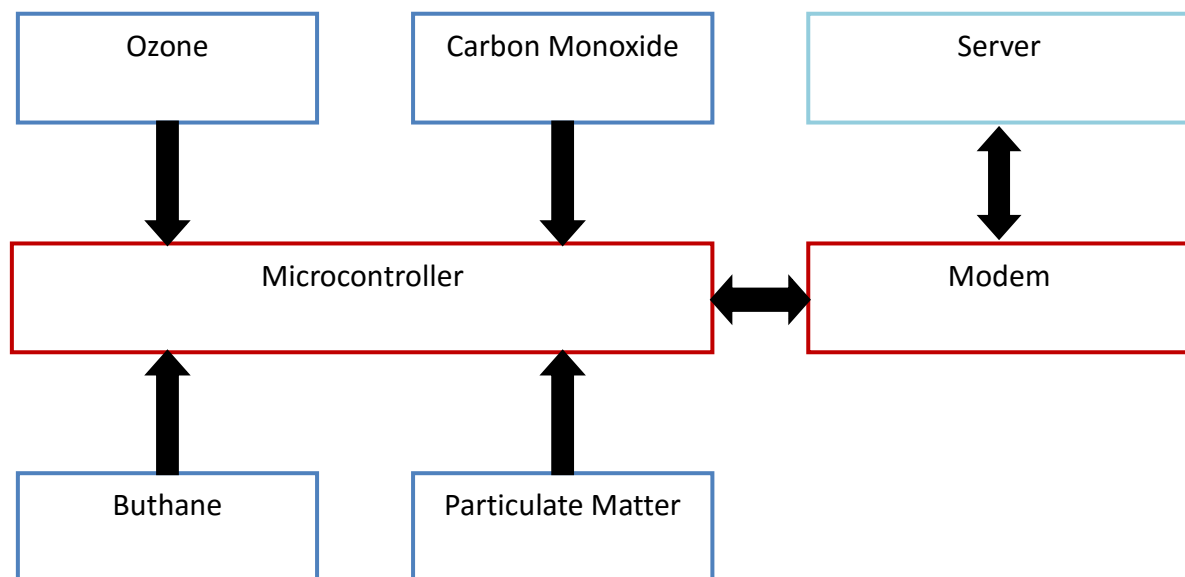
Selain itu, luaran yang telah dihasilkan adalah terdaftarnya laporan penelitian pada Kementerian Hukum dan Hak Azazi Manusia sebagai hak cipta intelektual (HKI). Surat Pencatatan ciptaan terdapat pada Lampiran 2.

VII. HASIL PENELITIAN

A. Arsitektur

Mikrokontroler membaca semua sensor dengan menggunakan *Analog Digital Converter (ADC)* berdasarkan data digital 8 bit (0 sampai 255 data digital). Perangkat keras ADC tidak diperlukan dalam arsitektur, karena fitur ADC termasuk di dalam fitur Mikrokontroler. Mikrokontroler mengubah data ADC menjadi nilai tegangan menggunakan persamaan umum. Data tegangan ditambahkan ke persamaan sensor menggunakan lembar data sensor dan persamaan sensor dari perusahaan yang diimplementasikan ke dalam program Mikrokontroler.

Data dikirim ke Server melalui Modem (sistem modulasi dan demodulasi) yang dikomunikasikan dengan Mikrokontroler menggunakan *Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) RS232*. Mikrokontroler mengirimkan beberapa perintah ke Modem berdasarkan *ATtention Command (AT Command)* menggunakan beberapa fungsi dalam program tersebut. Modem menggunakan Modul GSM dan terpasang kartu GSM di dalamnya untuk mengirimkan data ke server melalui internet secara mandiri. Diagram skema arsitektur monitoring kualitas udara dan perangkat *hardware* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Blok diagram mikrokontroler monitoring kualitas udara



(a)



(b)



(c)

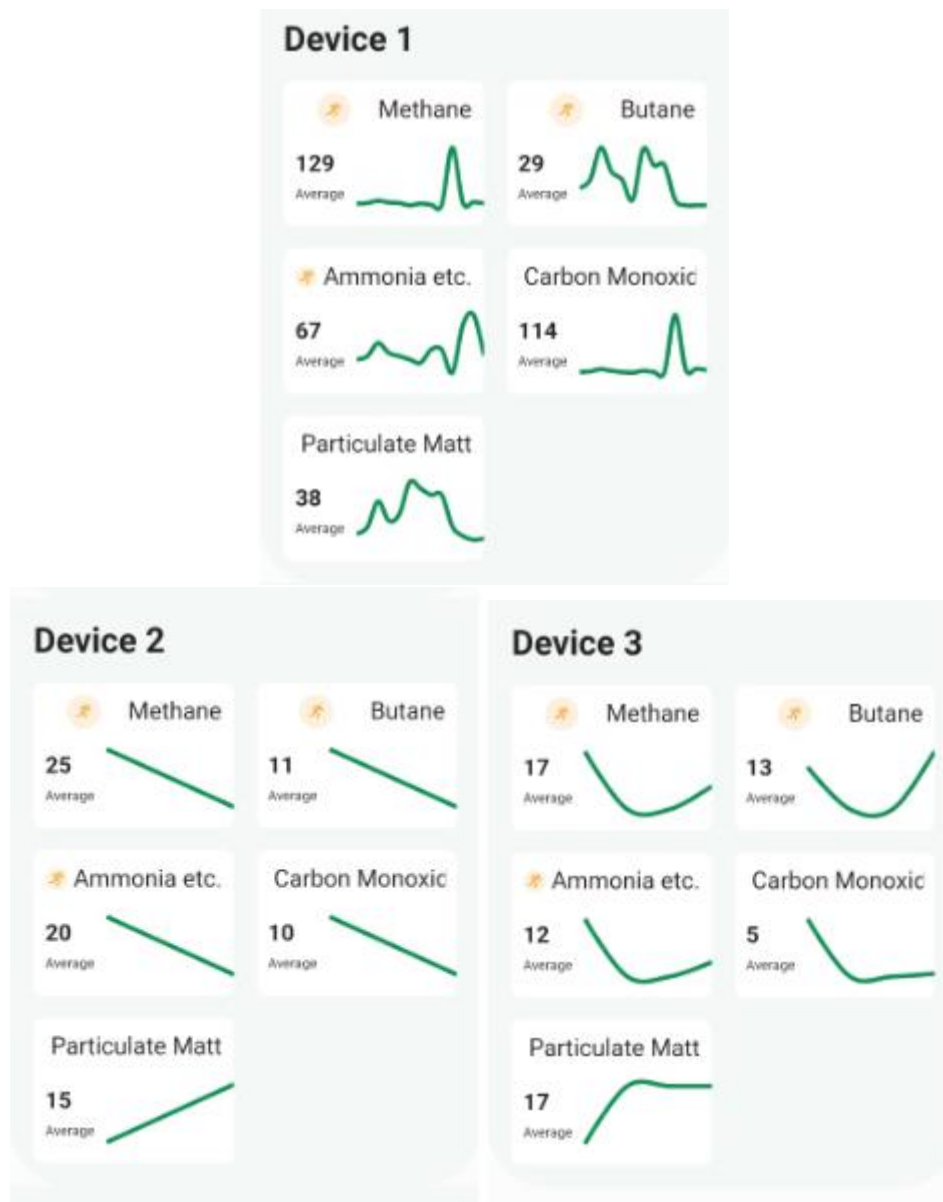
Gambar 4. Perangkat (*Hardware*) Monitoring Kualitas Udara

(a) Tiga perangkat yang dikembangkan

(b) Tampak depan, terlihat angka yang menunjukkan konsentrasi pencemar

(c) Tampak belakang terlihat sensor pencemar

Sistem pengiriman data sensor menggunakan teknologi *Internet-of-Things* (IoT) telah disajikan pada laporan ini. Data sensor dikirim ke sebuah *smartphone*. Grafik yang ditampilkan pada website dibagi menjadi tiga bagian, yaitu, Harian, Bulanan dan Tahunan. Selain itu ada empat data pencemar yang ditampilkan, diantaranya adalah pencemaran udara ozon (O_3), karbon monoksida (CO), partikulat ($PM_{2.5}$), dan butana (C_4H_{10}). Hasil tampilan grafik sensor pada *smartphone* disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Grafik sensor pada smartphone yang dihasilkan dari 3 perangkat (*Device*)

B. Data yang diperoleh

Pengumpulan data dilakukan di Jalan Raya Pondok Cabe, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan. Pengumpulan data dilakukan pada pagi hari (10.00 WIB) dengan volume kendaraan yang padat. Selain itu, kami mengambil 10 sampel data pada setiap sensor. Hasil pemantauan kualitas udara dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil kualitas udara di kota Tangerang Selatan

Data	Carbon Monoxide (CO) (ppm)	Butane (C ₄ H ₁₀) (ppm)	particulate matter (PM _{2.5}) (µg/m ³)	ozone (O ₃) (ppm)
1	2,40	35,42	29,20	0,02
2	3,20	35,20	35,10	0,04
3	3,40	34,21	38,25	0,08
4	2,52	35,23	39,42	0,20
5	1,54	35,24	39,38	0,14
6	2,84	35,64	40,68	0,16
7	2,80	35,19	34,87	0,08
8	1,40	35,11	33,25	0,04
9	3,60	34,12	32,40	0,06
10	3,20	35,14	32,54	0,04
Rata-rata	2,79	35,05	35,51	0,08

Konsentrasi karbon monoksida (CO) rata-rata adalah 2,79 ppm. Pada nilai tersebut, kondisi Kota Tangerang Selatan dalam keadaan baik. Karena masih dibawah ambang batas yang telah ditentukan. Untuk butana (C₄H₁₀) dan ozon (O₃) masing-masing memiliki 35,05 ppm dan 35,51 ppm. Terakhir, partikulat (PM_{2.5}) memiliki 35,51 µg/m³. Nilai ini merupakan nilai yang mendekati ambang batas. partikulat. Dengan demikian, Tangerang Selatan memiliki tingkat pencemaran bahan partikulat (PM_{2.5}) yang cukup tinggi.

Berdasarkan uji coba penelitian ini, maka dapat diketahui bahwa alat mempunyai kelemahan bahwa tidak dapat memproses sensor secara bersamaan dalam satu modem karena bebannya terlalu berat. Selain itu, sensor harus divalidasi terlebih dahulu agar data yang didapat lebih akurat. Pada percobaan dengan 5 sensor tersebut, monitor dengan smartphone dapat terdeteksi namun dalam waktu sesaat, tidak dapat dilaksanakan terus menerus. Hasil seperti pada Gambar 5 untuk perangkat (*device*) 1, 2 dan 3.

Dengan demikian, untuk penelitian selanjutnya maka zat yang akan dianalisis hanya dua (2) unsur pencemaran yaitu Partikulat (PM_{2.5}) dan Carbon Monoksida (CO).

VIII KESIMPULAN

Laporan akhir ini membahas tentang proses pemantauan kualitas udara berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Rancang bangun kualitas udara berbasis ArduinoUno telah berhasil dibangun, namun monitor belum dapat digunakan dengan IoT. Sensor yang digunakan adalah MQ-131 untuk sensor ozon (O₃), MQ-7 untuk karbon monoksida (CO), GP2Y1010AU0F untuk partikulat (PM_{2.5}), dan MQ-2 untuk butana (C₄H₁₀). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat nilai signifikansi pada materi partikulat (PM_{2.5}) sebesar 35,51 µg/m³. Hal ini menandakan bahwa Tangerang Selatan memiliki kadar partikulat yang cukup tinggi. Jadi, kami akan fokus pada pemantauan materi partikulat untuk penelitian lebih lanjut. Data di smartphone sudah dapat ditampilkan tetapi hanya dalam waktu terbatas karena modem masih belum dapat memonitor dengan sensor yang banyak.

IX. DAFTAR PUSTAKA

- Benammar, M., Abdaoui, A., Ahmad, S. H., Touati, F., & Kadri, A. (2018). A modular IoT platform for real-time indoor air quality monitoring. *Sensors*, 18(2), 581.
- Bhandari, B. S., & Bijlwan, K. (2019). Effects of Atmospheric Pollutants on Biodiversity. In *Global Perspectives on Air Pollution Prevention and Control System Design* (pp. 142-173). IGI Global.Zhao,
- Fioccola, G. B., Sommese, R., Tufano, I., Canonico, R., & Ventre, G. (2016). Polluino: An efficient cloud-based management of IoT devices for air quality monitoring. In *2016 IEEE 2nd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a better tomorrow (RTSI)* (pp. 1-6). IEEE.
- Kan, H., Chen, R., & Tong, S. (2012). Ambient air pollution, climate change, and population health in China. *Environment international*, 42, 10-19.
- Kiss, M., Takács, Á., Pogácsás, R., & Gulyás, Á. (2015). The role of ecosystem services in climate and air quality in urban areas: Evaluating carbon sequestration and air pollution removal by street and park trees in Szeged (Hungary). *Moravian Geographical Reports*, 23(3), 36-46.
- Lambebo, A. & Haghani, S. (2014)). A wireless sensor network for environmental monitoring of greenhouse gases. In *Proceeding of the ASEE Zone I Conference*, Bridgeport, CT, USA.
- Matos, P., Vieira, J., Rocha, B., Branquinho, C., & Pinho, P. (2019). Modeling the provision of air-quality regulation ecosystem service provided by urban green spaces using lichens as ecological indicators. *Science of the Total Environment*, 665, 521-530.
- Peel, J. L., Haeuber, R., Garcia, V., Russell, A. G., & Neas, L. (2013). Impact of nitrogen and climate change interactions on ambient air pollution and human health. *Biogeochemistry*, 114(1-3), 121-134.
- Perera, F. (2018). Pollution from fossil-fuel combustion is the leading environmental threat to global pediatric health and equity: Solutions exist. *International journal of environmental research and public health*, 15(1), 16.
- Swart, R., Amann, M., Raes, F., & Tuinstra, W. (2004). A good climate for clean air: linkages between climate change and air pollution. An editorial essay. *Climatic Change*, 66(3), 263-269.
- Wilson, S. R., Madronich, S., Longstreth, J. D., & Solomon, K. R. (2019). Interactive effects of changing stratospheric ozone and climate on tropospheric composition and air quality, and the consequences for human and ecosystem health. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 18(3), 775-803.

Air Quality Monitoring System in South Tangerang Based on Arduino Uno: From Analysis to Implementation

Sri Listyarini^{1,*}, Lina Warlina², Aceng Sambas³

^{1,2}Department of Environment, Universitas Terbuka, Indonesia.

³Department of Mechanical Engineering, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia

*Email: listyarini@ecampus.ut.ac.id

Abstract.

Pollution is a major factor in reducing air quality. A decrease in air quality can cause many problems such as global climate change, environmental damage, asthma and lung cancer. In this paper, we present an air quality monitoring system based on the Arduino Uno at Tangerang City. Air quality measured was carbon monoxide (CO), buthane (C₄H₁₀), particulate matter (PM_{2.5}) and ozone (O₃). The types of sensors used include MQ-131 for the ozone sensor (O₃), MQ-7 for carbon monoxide (CO), GP2Y1010AU0F for the particulate matter (PM_{2.5}), and MQ-2 for buthane (C₄H₁₀). This tool is built using Arduino and data from the sensor is sent to a Liquid Crystal Display (LCD) which is visualized in numeric form. Data collection was carried out at Jalan Cabe Raya Pondok Cabe, South Tangerang. The test results show that carbon monoxide (CO) has an average concentration of 2.79 ppm, for ozone gas concentration (O₃) of 0.08 ppm, for particulate matter concentration (PM_{2.5}) of 35.51 µg/m³ and for buthane concentration (C₄H₁₀) of 35.05 ppm. Based on the data obtained, South Tangerang, Indonesia has a high level of pollution in particulate matter (PM_{2.5}).

Keywords: Quality air, monitoring system, Arduino Uno

1. Introduction

Air pollution is a condition in which the presence of one or more chemical, physical or biological substances in the atmosphere in dangerous quantities [1]-[2]. Harm to human, animal and plant health, disturb aesthetics and comfort, or damage property. Air pollution is one type of environmental pollution besides soil pollution, water pollution, and sound pollution.

Among the impacts of air pollution are infant mortality [3], pregnancy complications [4], chronic respiratory diseases [5], climate change [6], allergic diseases [7], asthma and rhinitis [8], neuroinflammation and neurodegeneration [9], central nervous system pediatric impact [10], tuberculosis [11], oxidative DNA damage [12], morphological characteristics of *Eucalyptus camaldulensis* [13], cardiovascular disease [14], bronchiolitis obliterans syndrome and mortality after lung transplantation [15].

Various important studies involve the quality air monitoring system based on arduino uno microcontroller. Karami et al conducted a toolbox which provides low-cost for indoor environmental quality (IEQ) monitoring based Arduino [16]. Kumar and Jasuja developed a real-time standalone air quality monitoring system which includes various parameters: PM_{2.5}, carbon monoxide, carbon dioxide, temperature, humidity and air pressure [17]. They built the system with Raspberry Pi and Internet of Thing. Gunawan et al presented a cost effective and portable air quality measurement system using Arduino Uno microcontroller and four low cost sensors. It is capable to measure the concentration of

carbon monoxide (CO), ground level ozone (O₃) and particulate matters (PM₁₀ & PM_{2.5}) [18]. Husain et al constructed air quality monitoring based on arduino Uno microcontroller and android [19]. However, Further research related to air quality monitoring should be developed as a literature on improving equipment quality.

In this work, we proposed a lowcost Arduino uno microcontroller based air quality monitoring system. The Arduino is connected to four sensors and the measured data is displayed on the LCD. The sensors used are Mq-131 for the ozone sensor (O₃), Mq-7 for carbon monoxide (CO), GP2Y1010AU0F for the particulate matter (PM_{2.5}), and MQ-2 for buthane (C₄H₁₀).

2. Architecture

The Microcontroller reads all sensors using Analog Digital Converter (ADC) based on 8 bits digital data (0 to 255 of digital data) [20]. ADC hardware was not needed in the architecture, because the ADC feature included inside the Microcontroller's features. The Microcontroller converted the ADC data to voltage value using general equation. The voltage data was added to sensor equation using sensor datasheet and sensor company equation that implemeted to Microcontroller's program (See Figure 1). The hardware of the air quality monitoring system can be seen in Figure 2.

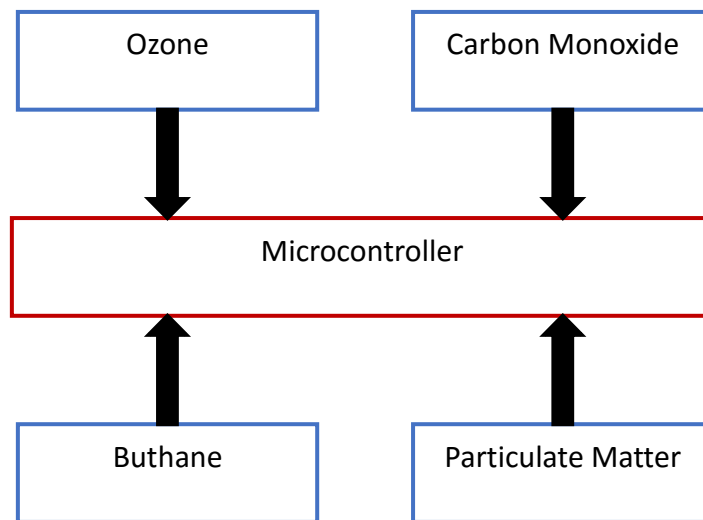


Figure 1. Microcontroller based air quality monitoring block diagram



Figure 2. Architecture Hardware air quality monitoring system

3. Methodology

We have created an air quality monitoring system that is low cost and easy to use. **GP2Y1010AU0F** is a PM sensor connected to digital pin A5 Arduino, MQ-7 is a carbon monoxide sensor connected to the Arduino A2 digital pins, MQ-131 (ozone sensor) and MQ-2 (butane sensor) connected to analog pins A4 and A0 of the Arduino.

We connect 4 sensors to the arduino uno board. The data read from the sensor will be processed by the Arduino Uno microprocessor, then the data will be displayed on an LCD in the form of numbers. The results obtained will be analyzed according to the measured air quality threshold. The stages of this research can be seen in Figure 3.

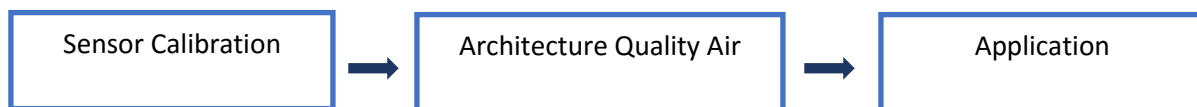


Figure 3. Methodology of our research

4. Result and Discussion

Data collection was carried out at Cabe Raya Pondok Cabe, Kec. Pamulang, South Tangerang City. Data were collected in the morning (10.00 AM) with a large volume of vehicles. In addition, we took 10 samples of data on each sensor. The results of air quality monitoring can be seen in Table 1.

Table 1. Result of Monitoring Quality air in Tangerang

Data	Carbon Monoxide (CO) (ppm)	Butane (C ₄ H ₁₀) (ppm)	particulate matter (PM _{2.5}) (µg/m ³)	ozone (O ₃) (ppm)
1	2.40	35.42	29.20	0.02
2	3.20	35.20	35.10	0.04
3	3.40	34.21	38.25	0.08
4	2.52	35.23	39.42	0.20
5	1.54	35.24	39.38	0.14
6	2.84	35.64	40.68	0.16
7	2.80	35.19	34.87	0.08
8	1.40	35.11	33.25	0.04
9	3.60	34.12	32.40	0.06
10	3.20	35.14	32.54	0.04
Average	2.79	35.05	35.51	0.08

The carbon monoxide (CO) concentration has an average of 2.79 ppm. At this value, conditions in the city of South Tangerang are good. Because it is still below the predetermined threshold. For butane (C₄H₁₀) and ozone (O₃) have 35.05 ppm and 35.51 ppm, respectively. Finally, particulate matter (PM_{2.5}) has 35.51 µg/m³. This value is a value that is close to the threshold. of particulates. Therefore, South Tangerang has a high level of pollution in particulate matter (PM_{2.5}).

5. Conclusions

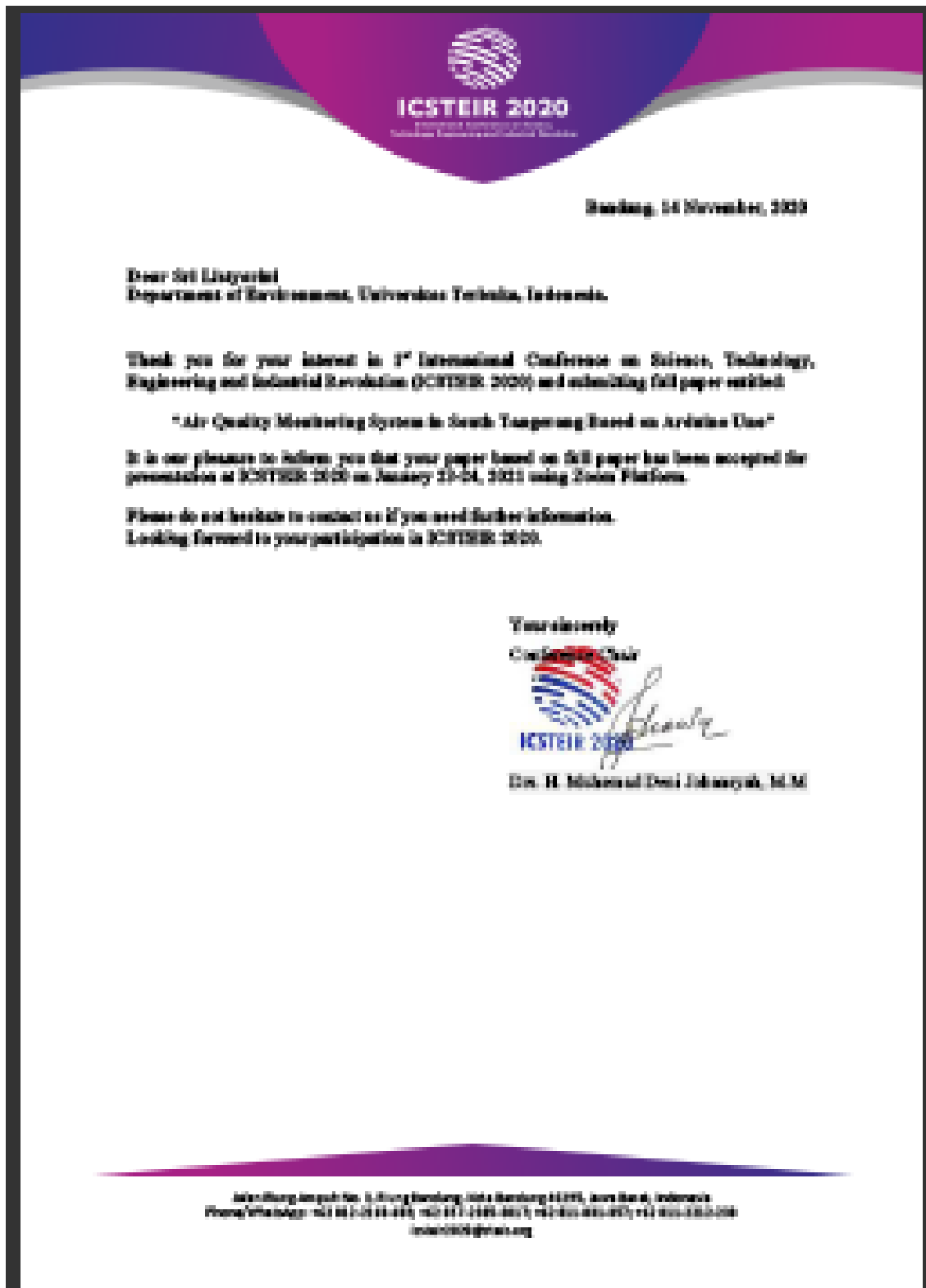
This paper discusses the process of air quality monitoring based on the Arduino Uno microcontroller. The sensors used are MQ-131 for the ozone sensor (O₃), MQ-7 for carbon monoxide (CO), GP2Y1010AU0F for the particulate matter (PM_{2.5}), and MQ-2 for butane (C₄H₁₀). The results showed that there was a significant value in the particulate matter (PM_{2.5}) of 35.05 ppm. This indicates that South Tangerang has a level of particulate matter. So, we will focus on monitoring particulate matter for further research.

References

- [1] Brunekreef B and Holgate S T 2002 *The lancet* **360** 1233-1242
- [2] Landrigan P J 2017 *The Lancet Public Health* **2** e4-e5
- [3] Chay K Y and Greenstone M 2003 *The quarterly journal of economics* **118** 1121-1167
- [4] Lee P C, Roberts J M, Catov J M, Talbott E O and Ritz B 2013 *Maternal and child health journal* **17** 545-555
- [5] Guan W J, Zheng X Y, Chung K F and Zhong N S 2016 *The Lancet* **388** 1939-1951
- [6] Tagaris E, Liao K J, DeLucia A J, Deck L, Amar P and Russell A G 2009 *Environmental science & technology* **43** 4979-4988
- [7] Takizawa H 2011 *The Korean journal of internal medicine* **26** 262-270
- [8] Bousquet J, Anto J M, Annesi-Maesano I, Dedeu T, Dupas E, Pépin J L and Benveniste S 2018 *Clinical and translational allergy* **8** 1-13
- [9] Calderón-Garcidueñas L, Leray E, Heydarpour P, Torres-Jardón R and Reis J 2016 *Revue neurologique* **172** 69-80
- [10] Calderón-Garcidueñas L, Kulesza R J, Doty R L, D'Angiulli A and Torres-Jardón R 2015

- [11] Hwang S S, Kang S, Lee J Y, Lee J S, Kim H J, Han S K and Yim J J 2014 *The Korean journal of internal medicine* **29** 183-190
- [12] Ambroz A, Vlkova V, Rossner Jr P, Rossnerova A, Svecova V, Milcova A and Sram R J 2016 *International journal of hygiene and environmental health* **219** 545-556
- [13] Assadi A, Pirbalouti A G, Malekpoor F, Teimori N and Assadi L 2011 *Journal of Food, Agriculture and Environment* **9** 676-679
- [14] Rajagopalan S, Al-Kindi S G and Brook R D 2018 *Journal of the American College of Cardiology* **72** 2054-2070
- [15] Nawrot T S, Vos R, Jacobs L, Verleden S E, Wauters S, Mertens V and Dupont L J 2011 *Thorax* **66** 748-754
- [16] Karami M, McMorrow G V and Wang L 2018 *Journal of Building Engineering* **19** 412-419
- [17] Kumar S and Jasuja A 2017 In *2017 International Conference on Computing, Communication and Automation*, 1341-1346
- [18] Gunawan T S, Munir Y M S, Kartiwi M and Mansor H 2018 *International Journal of Electrical and Computer Engineering* **8** 280-290
- [19] Husain A M, Rini T H, Haque M I and Alam M R 2016 *Journal of Modern Science and Technology* **4** 86-96
- [20] Kuncoro A H, Mellyanawaty M, Sambas A, Maulana D S, Subiyanto and Mamat M 2020 *Journal of Advance Research in Dynamical & Control Systems* **12** 2473-2479

Acceptance Letter Seminar



Lampiran 2

Sertifikat HKI


REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASIAN MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang hukum perindustrian, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini meringkaskan:

Nomor dan tanggal permohonan:	02020004493, 10 November 2020
Pencipta:	Uma Wiratna, Sri Laksmi Dwi
Nama:	Jalan Cetak Bayu Pindai Cetak, Pii Cetak/MLI, Klaten, Pemangung, Kota Tanggung Selatan, Kecamatan: Klaten, Tanggung Selatan, SURABAYA, 60137
Kategori/kegiatan:	Indonesia
Pemegang Hak Cipta:	Uma Wiratna, Sri Laksmi Dwi
Nama:	Jalan Cetak Bayu Pindai Cetak, Pii Cetak/MLI, Klaten, Pemangung, Kota Tanggung Selatan, Kecamatan: Klaten, Tanggung Selatan, SURABAYA, 60137
Kategori/kegiatan:	Indonesia
Jenis Ciptaan:	Kategori Pendaftaran
Jenis Ciptaan:	ANALISIS DAN MONITORING KUALITAS UJUKSIS BERBASIS INTERNET DI TRUSMI (A01) DI TANGGUNG SELATAN
Tanggal dan tempat dicatatkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia:	11 November 2020 di Tanggung Selatan
Angka serial pencatatan:	Kategori rekaman Data Pendaftaran dan serial berkeanggotaan kelas 70 (sudah positif) tahun 2020, Nomor meringkaskan serial, seri yang mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya: 0002-0497
Nomor pencatatan:	0002-0497

Setelah nama pencatatan berdasarkan yang diberikan oleh Pencipta, Serial Pendaftaran Hak Cipta akan produk HKI Serial ini sesuai dengan Pasal 20 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

s.d. MENYERIK HUKUM DAN HAK ASIAN MANUSIA
 DIREKTOR JENDERAL HUKUM DAN HAK ASIAN MANUSIA


 Dr. Freddy Haris, S.H., LL.M., AGCS
 NIP. 19611101-198003-001



LAMPIRAN PENCIPTA

No.	Nama	Alamat
1	Uma Wiratna	Jalan Cetak Bayu Pindai Cetak, Pii Cetak/MLI, Klaten, Pemangung, Kota Tanggung Selatan, Kecamatan: Klaten, Tanggung Selatan, SURABAYA, 60137
2	Sri Laksmi Dwi	Jalan Cetak Bayu Pindai Cetak, Pii Cetak/MLI, Klaten, Pemangung, Kota Tanggung Selatan, Kecamatan: Klaten, Tanggung Selatan, SURABAYA, 60137
3	Aang Santha	Jl. Tamanan InuR&S, Mojopati, Klaten, Tamanan, Tasikmalaya, Jawa Barat 48336

LAMPIRAN PEMESAN

No.	Nama	Alamat
1	Uma Wiratna	Jalan Cetak Bayu Pindai Cetak, Pii Cetak/MLI, Klaten, Pemangung, Kota Tanggung Selatan, Kecamatan: Klaten, Tanggung Selatan, SURABAYA, 60137
2	Sri Laksmi Dwi	Jalan Cetak Bayu Pindai Cetak, Pii Cetak/MLI, Klaten, Pemangung, Kota Tanggung Selatan, Kecamatan: Klaten, Tanggung Selatan, SURABAYA, 60137
3	Aang Santha	Jl. Tamanan InuR&S, Mojopati, Klaten, Tamanan, Tasikmalaya, Jawa Barat 48336

