

Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pembersih Udara Otomatis pada Toilet Umum Berbasis IoT

Mirza Alfarisi ¹⁾, F. Yudi Limpraptono ²⁾, M. Ibrahim Ashari ³⁾

^{1),2),3)} Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang
Email: mirza.alfarisi88@gmail.com

Abstrak. Toilet adalah fasilitas sanitasi yang penting bagi kehidupan manusia sehingga perlu diperhatikan mengenai aspek kebersihan dan kenyamanannya dengan memantaunya secara berkala. Kegiatan buang air besar atau kebiasaan buruk merokok di dalam toilet membuat udara di dalamnya menjadi berbau, kotor, panas, bahkan beracun. Saat ini teknologi Internet of Things (IoT) banyak dikembangkan untuk objek penginderaan seperti pemantauan suhu, gas dan lain sebagainya. Untuk mengatasi masalah tersebut pada penelitian ini dibuat alat yang dapat memantau kondisi udara dalam toilet umum melalui aplikasi pada smartphone, juga dapat melakukan sirkulasi udara secara otomatis agar udara di dalam toilet bersih kembali. Alat tersebut dirancang menggunakan sensor DS18B20, MQ-7, MQ-136, dan ME2-O2 I2C. Data monitoring seluruh sensor dikirim ke server Arduino IoT Cloud menggunakan mikrokontroler Arduino Nano 33 IoT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dan ditampilkan pada aplikasi smartphone, dimana seluruh sensor dapat membaca perubahan suhu dengan nilai error sebesar 0,85%, membaca kenaikan kadar CO hingga 12,76ppm, membaca kenaikan kadar H₂S hingga 18,02ppm, dan membaca penurunan konsentrasi O₂ hingga 19,75% dengan nilai error sebesar 0,2%. Saat nilai salah satu sensor melewati masing-masing nilai ambangnya, exhaust fan menyala untuk menyirkulasi udara di dalam toilet.

Kata kunci: Toilet, Monitoring, Arduino Nano 33 IoT, Arduino IoT Cloud, Internet of Things

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi internet yang pesat dan cepat dewasa ini, membuat perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) semakin populer. IoT adalah suatu konsep dimana suatu objek di sekitar kita dapat terhubung ke jaringan internet dan mampu melakukan komunikasi dengan objek lainnya [1]. Saat ini IoT mulai banyak dikembangkan untuk objek penginderaan seperti pemantauan suhu, gas dan lain sebagainya [2].

Toilet yang merupakan fasilitas sanitasi yang menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia perlu diperhatikan mengenai aspek kebersihan dan kenyamanannya. Kegiatan buang air besar atau kebiasaan buruk sebagian masyarakat seperti merokok di dalam toilet membuat udara di dalamnya menjadi berbau, kotor, bahkan beracun. Tinja menghasilkan gas hidrogen sulfida yang menyebabkannya berbau busuk, sedangkan asap rokok mengandung gas karbon monoksida yang bersifat racun [3,4]. Kehadiran gas tersebut membuat toilet menjadi tidak nyaman untuk digunakan oleh pengguna lainnya, karena gas tersebut dapat bertahan beberapa lama di dalam ruangan tertutup dan menurunkan konsentrasi oksigen.

Pada tahun 2020 telah dilakukan penelitian oleh Kurohman tentang alat pengontrol kebersihan toilet pada kampus berbasis IoT, dan penelitian oleh Dhamale dan timnya tentang alat untuk monitoring toilet berbasis IoT [5,6]. Kedua penelitian tersebut masih memiliki kekurangan, yaitu hanya menggunakan satu buah sensor. Dari kekurangan tersebut, muncul gagasan untuk mengembangkan alat tersebut dengan menambahkan sensor gas untuk mendeteksi karbon monoksida yang berasal dari asap rokok dan hidrogen sulfida yang berasal dari tinja, menambahkan sensor oksigen untuk mendeteksi kadar oksigen, menambahkan sensor suhu untuk mengetahui suhu di dalam toilet, serta *exhaust fan* yang dapat menyala secara otomatis saat nilai sensor tinggi untuk menyirkulasi udara agar bersih kembali.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang didapatkan beberapa rumusan masalah, yaitu merancang alat monitoring dan pembersih udara otomatis pada toilet umum menggunakan papan mikrokontroler

Arduino Nano 33 IoT, cara mendeteksi suhu, konsentrasi oksigen, kadar karbon monoksida dan hidrogen sulfida di dalam toilet menggunakan sensor DS18B20, ME2-O2 I2C, MQ-7, dan MQ-136, serta menerapkan IoT pada papan mikrokontroler Arduino Nano 33 IoT untuk monitoring.

1.3. Tujuan

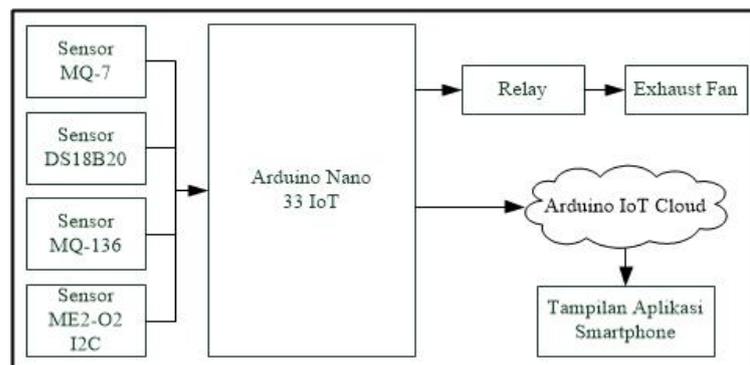
Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat yang dapat memantau kondisi udara dalam toilet umum apabila udara dalam kondisi berbau, kotor, atau panas serta dapat melakukan sirkulasi udara di dalam toilet secara otomatis agar udara bersih kembali, dimana keseluruhan sistem dapat dipantau melalui aplikasi *smartphone*.

1.4. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Nano 33 IoT yang merupakan papan mikrokontroler dari basis Arduino Nano yang diproduksi untuk diterapkan pada teknologi IoT. Papan ini menggunakan prosesor Arm Cortex-M0 berdaya rendah yang mempunyai kecepatan clock hingga 48 MHz dengan kapasitas memori Flash sebesar 256KB dan SRAM sebesar 32KB. Dalam komunikasi IoT papan mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan chip krypto untuk keamanan komunikasi [7]. Dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi yang dikemas dalam modul u-blox NINA-W102, Arduino Nano 33 IoT berfungsi memroses sinyal keluaran dari semua sensor untuk kemudian dikirimkan ke server Arduino IoT Cloud melalui jaringan internet.

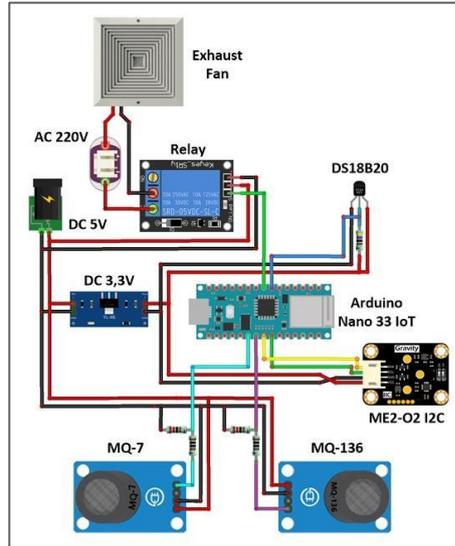
Arduino IoT Cloud adalah salah satu layanan Arduino yang menyediakan layanan *cloud* untuk platform IoT, serta menawarkan penggunaannya untuk membangun objek yang saling terhubung dalam jaringan secara cepat, mudah, dan aman [8]. Platform ini cocok digunakan untuk proyek pintar seperti pemantauan, kontrol, maupun otomatisasi. Arduino IoT Cloud terintegrasi secara penuh dengan ekosistem Arduino Create, sehingga pembuatan *dashboard* untuk aplikasi *smartphone* serta penulisan kode program dapat dilakukan sepenuhnya secara *online* pada laman Arduino IoT Cloud.

1.5. Metodologi Penelitian



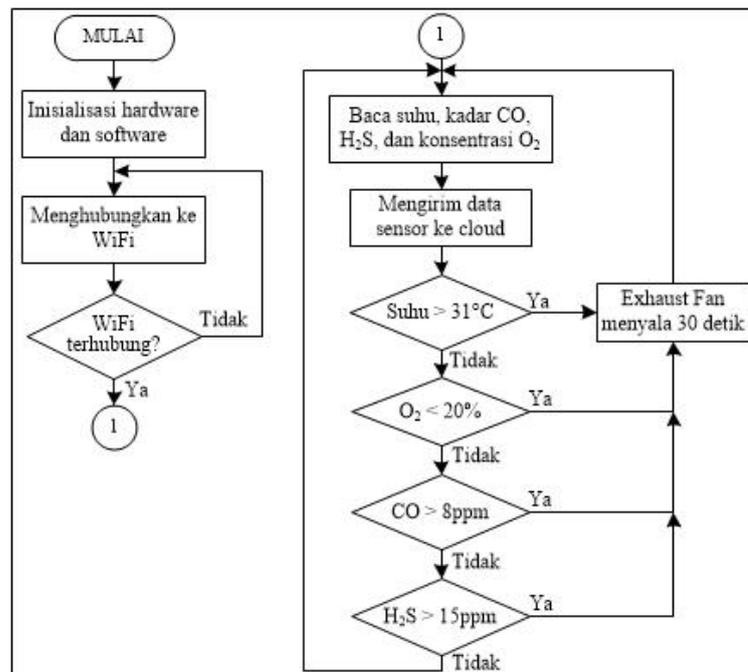
Gambar 1. Diagram Blok Keseluruhan Sistem

Gambar 1 adalah diagram blok dari keseluruhan sistem. Terdapat 4 buah sensor yaitu sensor DS18B20 yang berfungsi untuk mengukur suhu udara, sensor MQ-7 yang berfungsi untuk mendeteksi kadar gas karbon monoksida, sensor MQ-136 yang berfungsi untuk mendeteksi kadar gas hidrogen sulfida, dan sensor ME2-O2 I2C yang berfungsi untuk mendeteksi konsentrasi oksigen. Mikrokontroler Arduino Nano 33 IoT berfungsi untuk menerima masukan dari sensor kemudian mengolahnya menjadi output yang diinginkan. Relay berfungsi sebagai saklar untuk memutus atau menyambungkan aliran listrik *exhaust fan*. Arduino IoT Cloud, berfungsi untuk menampung semua data sensor yang dikirim dari Arduino Nano 33 IoT. Aplikasi Arduino IoT Cloud, digunakan untuk memvisualisasikan semua data sensor dari *cloud*. Dari blok diagram tersebut, kemudian dibuatlah model perancangan alat.



Gambar 2. Perancangan Alat

Gambar 2 adalah desain perancangan alat, dua komponen yang menggunakan suplai daya eksternal 3,3V yaitu sensor DS18B20 dan ME2-O2 I2C, dan 3 komponen yang menggunakan suplai daya eksternal 5V yaitu sensor MQ-7, MQ-136, dan relay. Sensor DS18B20 terhubung dengan pin digital D4 pada Arduino Nano 33 IoT, sensor MQ-7 terhubung dengan pin analog A2, sensor MQ-136 terhubung dengan pin analog A3, sensor ME2-O2 I2C terhubung dengan pin A4 (SDA) dan A5 (SCL), dan relay terhubung dengan pin digital D5. *Exhaust fan* terhubung ke suplai daya AC dan relay secara seri melalui pin COM dan NO. Setelah desain perancangan alat selesai, kemudian dibuat desain alur kerja alat yang berupa diagram alir.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

2. Pembahasan

2.1. Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian sensor DS18B20 bertujuan untuk mengetahui sensor dapat bekerja dengan baik dalam membaca suhu di dalam toilet. Untuk melakukan pengujian sensor DS18B20 digunakan uji

perbandingan menggunakan termometer standar dari sensor AR8100 pada suhu ruangan normal sekitar 28°C.

Tabel 1 Pengujian Sensor DS18B20

No	Pembacaan Suhu (°C)		Selisih (°C)	Error (%)
	DS18B20	AR8100		
1	28,81	28,6	0,21	0,73
2	28,87	28,6	0,27	0,94
3	28,87	28,6	0,27	0,94
4	28,81	28,6	0,21	0,73
5	28,87	28,6	0,27	0,94

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sensor DS18B20. Dapat diketahui bahwa hasil pengujian antara sensor DS18B20 dengan termometer standar dari sensor AR8100 memiliki error yang kecil sebesar 0,85%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DS18B20 mampu membaca suhu ruangan dengan baik.

2.2. Pengujian Sensor MQ-7

Pengujian sensor MQ-7 bertujuan untuk melihat apakah sensor dapat bekerja dengan baik untuk mendeteksi gas CO pada asap rokok. Pengujian sensor ini dilakukan dengan cara membandingkan tegangan keluaran sensor yang dihitung berdasarkan nilai dari ADC dengan pengukuran tegangan keluaran menggunakan avometer. Pengujian dilakukan pada dua keadaan yaitu saat sensor berada pada udara bersih dan udara kotor masing-masing selama 20 menit. Pengujian pada udara bersih dilakukan di luar ruangan pada udara bebas, sedangkan pengujian pada udara kotor dilakukan di dalam toilet dengan menggunakan sebuah batang rokok yang dibakar pada ruangan toilet bersama dengan sensor sehingga asap rokok yang mengandung gas CO terakumulasi di dalamnya dan dapat ditangkap oleh sensor.

Tabel 2 Pengujian Sensor MQ-7 pada Udara Bersih

No	Waktu (menit)	ADC	Kadar (ppm)	Tegangan ADC (V)	Tegangan AVO (V)	Selisih (V)
1	1	14	0,03	0,01	0,01	0,00
2	5	19	0,04	0,02	0,02	0,00
3	10	45	0,13	0,04	0,02	0,02
4	15	19	0,04	0,02	0,02	0,00
5	20	2	0,03	0,00	0,01	0,01

Tabel 3 Pengujian Sensor MQ-7 pada Udara dengan Asap Rokok

No	Waktu (menit)	ADC	Kadar (ppm)	Tegangan ADC (V)	Tegangan AVO (V)	Selisih (V)
1	1	212	1,29	0,17	0,17	0,00
2	5	457	4,22	0,37	0,37	0,00
3	10	629	7,13	0,51	0,51	0,00
4	15	747	9,56	0,6	0,59	0,01
5	20	879	12,76	0,71	0,7	0,01

Dari tabel 2 dan 3 dapat diketahui bahwa hasil pengujian sensor MQ-7 yang menggunakan perbandingan tegangan dari ADC dengan tegangan dari avometer memiliki selisih yang relatif kecil yaitu sebesar 0,0045V pada udara bersih dan 0,005V pada udara dengan asap rokok. Saat berada pada udara bersih rata-rata nilai sensor sebesar 0,056ppm, sedangkan saat berada pada udara dengan asap rokok sensor dapat membaca kenaikan kadar gas CO hingga 12,76ppm berbanding lurus dengan kenaikan tegangan. Hal tersebut membuktikan bahwa sensor MQ-7 dapat bekerja dengan baik dan nilai ADC yang diubah menjadi nilai tegangan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat membaca kenaikan kadar gas CO.

2.3. Pengujian Sensor MQ-136

Pengujian sensor MQ-136 bertujuan untuk melihat apakah sensor dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi gas H₂S yang dihasilkan tinja. Pengujian sensor ini dilakukan dengan cara membandingkan tegangan keluaran sensor yang dihitung berdasarkan nilai dari ADC dengan pengukuran tegangan keluaran menggunakan avometer. Pengujian dilakukan pada dua keadaan yaitu saat sensor berada pada udara bersih dan udara berbau masing-masing selama 20 menit. Pengujian pada udara bersih dilakukan di luar ruangan pada udara bebas, sedangkan pengujian pada udara berbau dilakukan di dalam toilet dengan menggunakan subjek yang sedang melakukan kegiatan buang air besar bersama dengan sensor sehingga bau tinja yang mengandung gas H₂S terkumpul di dalamnya dan dapat ditangkap oleh sensor.

Tabel 4 Pengujian Sensor MQ-136 pada Udara Bersih

No	Waktu (menit)	ADC	Kadar (ppm)	Tegangan ADC (V)	Tegangan AVO (V)	Selisih (V)
1	1	397	0,05	0,32	0,29	0,03
2	5	378	0,04	0,3	0,27	0,03
3	10	411	0,06	0,33	0,28	0,05
4	15	479	0,09	0,39	0,34	0,05
5	20	411	0,06	0,33	0,3	0,03

Tabel 5 Pengujian Sensor MQ-136 pada Udara Berbau

No	Waktu (menit)	ADC	Kadar (ppm)	Tegangan ADC (V)	Tegangan AVO (V)	Selisih (V)
1	1	878	0,76	0,71	0,7	0,01
2	5	1138	2,04	0,92	0,89	0,03
3	10	1587	8,59	1,28	1,26	0,02
4	15	1728	12,99	1,39	1,32	0,07
5	20	1842	18,02	1,48	1,46	0,02

Dari tabel 4 dan 5 dapat diketahui bahwa hasil pengujian sensor MQ-136 yang menggunakan perbandingan tegangan dari ADC dengan tegangan dari avometer memiliki selisih yang relatif kecil yaitu sebesar 0,031V pada udara bersih dan 0,032V pada udara berbau. Saat berada pada udara bersih rata-rata nilai sensor sebesar 0,064ppm, sedangkan saat berada pada udara berbau sensor dapat membaca kenaikan kadar gas H₂S hingga 18,02ppm berbanding lurus dengan kenaikan tegangan. Hal tersebut membuktikan bahwa sensor MQ-136 dapat bekerja dengan baik dan nilai ADC yang diubah menjadi nilai tegangan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat membaca kenaikan kadar gas H₂S.

2.4. Pengujian Sensor ME2-O2 I2C

Pengujian sensor ME2-O2 I2C bertujuan untuk mengetahui sensor dapat bekerja dengan baik dalam membaca penurunan konsentrasi O₂ di toilet. Pengujian sensor ME2-O2 I2C ini dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor ME2-O2 I2C dengan sensor O₂ standar AR8100 saat berada pada udara bersih dan udara dengan konsentrasi O₂ rendah. Metode pengujian sensor ME2-O2 I2C pada udara dengan konsentrasi O₂ rendah adalah menggunakan api dari sebuah lilin yang ditempatkan bersama dengan sensor. Api tersebut berperan sebagai pengikat oksigen, sehingga dalam beberapa lama konsentrasi O₂ pada toilet akan semakin berkurang.

Tabel 6 Pengujian sensor ME2-O2 I2C pada udara bersih

No	Waktu (menit)	Pembacaan Konsentrasi O ₂ (%)		Selisih (%)	Error (%)
		ME2-O2 I2C	AR8100		
1	1	20,96	21,0	0,04	0,19
2	5	20,96	21,0	0,04	0,19
3	10	20,96	21,0	0,04	0,19
4	15	20,97	21,0	0,03	0,14
5	20	20,95	21,0	0,05	0,24

Tabel 7 Pengujian sensor ME2-O2 I2C pada udara rendah konsentrasi O₂

No	Waktu (menit)	Pembacaan Konsentrasi O ₂ (%)	
		ME2-O2 I2C	AR8100
1	1	20,89	20,9
2	5	20,68	20,7
3	10	20,4	20,5
4	15	20,12	20,2
5	20	19,75	19,8

Dari tabel 6 dan 7 dapat diketahui bahwa hasil pengujian antara sensor ME2-O2 I2C dengan sensor oksigen AR8100 memiliki error yang kecil sebesar 0,2%. Saat berada pada udara bersih rata-rata nilai sensor sebesar 20,96%, sedangkan saat berada pada udara dengan konsentrasi O₂ rendah, sensor dapat membaca penurunan konsentrasi O₂ hingga 19,75%.

2.5. Pengujian Relay dan *Exhaust Fan*

Pengujian relay dan *exhaust fan* ini bertujuan untuk mengetahui relay dapat bekerja dengan baik dalam memutus maupun menyambungkan aliran listrik AC saat mendapatkan sinyal pemicu dari Arduino Nano 33 IoT. Untuk melakukan pengujian relay ini digunakan program HIGH dan LOW.

Tabel 8 Pengujian Relay dan Exhaust Fan

No	Sinyal Pemicu	Kode Biner	Status Relay	Status <i>Exhaust Fan</i>
1	LOW	0	Mati	Mati
2	HIGH	1	Nyala	Nyala

Dari tabel 8 dapat diketahui bahwa relay dapat bekerja dengan baik. Ketika relay mendapatkan sinyal pemicu LOW, relay mati yang menyebabkan arus listrik pada *exhaust fan* tidak tersambung sehingga *exhaust fan* juga dalam keadaan mati. Ketika relay mendapatkan sinyal pemicu HIGH, relay nyala yang menyebabkan arus listrik pada *exhaust fan* tersambung sehingga *exhaust fan* juga menyala.

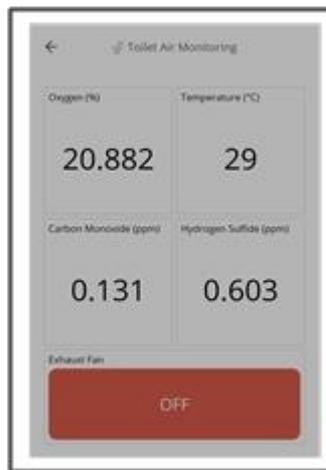
2.6. Pengujian Keseluruhan Sistem dengan IoT

Pengujian keseluruhan sistem ini bertujuan untuk memastikan keseluruhan sistem ini dapat bekerja dengan baik berdasarkan perancangan sebelumnya, baik dari perangkat keras maupun perangkat lunak. Pengujian keseluruhan ini meliputi pengukuran suhu, kadar CO dan H₂S konsentrasi O₂, dan status *exhaust fan*. Pengondisian nyala *exhaust fan* diatur melalui program Arduino dengan memasukkan nilai ambang. Nilai ambang suhu diatur pada nilai diatas 31°C, nilai tersebut diambil berdasarkan nilai suhu rata-rata tertinggi Kabupaten Malang. Nilai ambang kadar CO diatur pada nilai diatas 8ppm, nilai tersebut ditentukan saat pengujian awal bahwa diatas kadar 8ppm kondisi udara mulai terasa kurang nyaman untuk bernafas serta dengan mempertimbangkan pengguna toilet yang sangat tidak bisa menerima asap rokok. Nilai ambang kadar H₂S diatur pada nilai diatas 15ppm, nilai tersebut ditentukan saat pengujian awal bahwa diatas kadar 15ppm kondisi ruangan toilet terasa cukup berbau busuk sehingga terasa kurang nyaman. Nilai ambang konsentrasi O₂ diatur pada nilai dibawah 20%, nilai tersebut ditentukan saat pengujian awal bahwa konsentrasi oksigen dibawah 20% pernafasan mulai terasa berat dan kurang nyaman. Waktu nyala *exhaust fan* diberikan selama 30 detik, hal tersebut bertujuan agar saat nilai sensor berada tepat di ambang batas, *exhaust fan* tidak menyala dan mati dengan cepat karena fluktuasi nilai sensor.

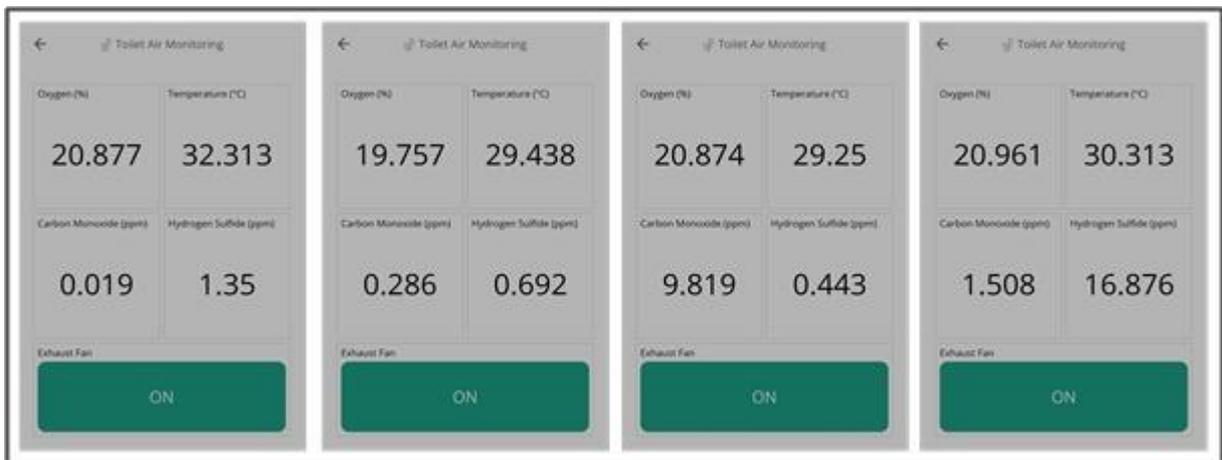
Tabel 9 Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Nilai Sensor				Kondisi <i>Exhaust Fan</i>
	DS18B20	ME2-O2 I2C	MQ-7	MQ-136	
1	29	20,88	0,13	0,6	Mati
2	32,3	20,87	0,01	1,35	Nyala
3	29,4	19,75	0,28	0,69	Nyala
4	29,2	20,87	9,81	0,44	Nyala
5	30,3	20,96	1,5	16,87	Nyala

Tabel 9 menunjukkan hasil pengujian keseluruhan sistem. Dapat diketahui bahwa saat nilai sensor melewati nilai ambang, *exhaust fan* menyala untuk melakukan pembersihan udara di dalam toilet. Hasil monitoring dan pengukuran masing-masing sensor saat semua nilai sensor normal dan saat melewati nilai ambang ditampilkan pada dashboard aplikasi smartphone Arduino IoT Cloud.



Gambar 4. Tampilan data sensor pada aplikasi saat semua nilai sensor normal



Gambar 5. Tampilan data sensor pada aplikasi saat nilai suhu, konsentrasi O₂, kadar CO dan H₂S melebihi nilai ambang

Gambar 4 dan 5 adalah tampilan *dashboard* aplikasi pada *smartphone*, semua nilai sensor dan *exhaust fan* dapat ditampilkan dengan baik. Dari gambar 4 terlihat bahwa saat nilai dari semua sensor normal, *exhaust fan* mati, sedangkan dari gambar 5 terlihat bahwa jika salah satu dari nilai sensor melebihi nilai ambang baik dari suhu, kadar CO dan H₂S, maupun konsentrasi oksigen, maka *exhaust fan* menyala.

3. Kesimpulan

Perancangan sistem monitoring dan pembersih udara otomatis pada toilet umum berbasis IoT telah berhasil dirancang. Sistem dibuat menggunakan sensor DS18B20, MQ-7, MQ-136 I2C, ME2-O2 I2C, relay dan *exhaust fan* yang terhubung dengan Arduino Nano 33 IoT. Pengujian pembacaan suhu oleh sensor DS18B20 terdapat sedikit perbedaan dengan suhu pada termometer standar dengan rata-rata error sebesar 0,85%. Pada pengujian pembacaan sensor MQ-7, kadar CO yang terdeteksi pada kondisi udara bersih rata-rata sebesar 0,056ppm dan 12,76ppm pada udara dengan asap rokok. Pada pengujian pembacaan sensor MQ-136, kadar H₂S yang terdeteksi pada kondisi udara bersih rata-rata sebesar 0,064ppm dan 18,02ppm pada kondisi udara berbau busuk. Pengujian pembacaan konsentrasi O₂ oleh sensor ME2-O2 I2C terdapat sedikit perbedaan dengan sensor oksigen AR8100 dengan rata-rata error sebesar 0,2%, konsentrasi O₂ yang terdeteksi pada kondisi udara bersih adalah 20,96% dan 19,75% pada udara rendah konsentrasi O₂. Pada pengujian keseluruhan sistem dengan IoT saat semua nilai sensor normal *exhaust fan* mati, sedangkan saat nilai sensor melebihi nilai ambang, *exhaust fan* menyala. Aplikasi pada *smartphone* dapat menampilkan data semua nilai sensor dan status dari *exhaust fan* pada *dashboard* aplikasi dengan baik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis haturkan kepada seluruh dosen Teknik Elektro, terkhusus dosen pembimbing yang telah membimbing dengan penuh kesabaran serta selalu memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. J. Purwanto, D. Darlis, S. Si, and A. Hartaman, "Perancangan dan Implementasi Smart Bathroom Berbasis IoT," *J. Teknol. Komunikasi, Univ. Telkom*, vol. 5, no. 2, pp. 1617–1635, 2019.
- [2] M. Stoyanova, Y. Nikoloudakis, S. Panagiotakis, E. Pallis, and E. K. Markakis, "A Survey on the Internet of Things (IoT) Forensics: Challenges, Approaches, and Open Issues," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 22, no. 2, pp. 1191–1221, 2020, doi: 10.1109/COMST.2019.2962586.
- [3] A. Ayathollah, Alchamdani, and A. Waldah, "Analisis Kadar Hidrogen Sulfida dan Keluhan Pernapasan pada Pemulung di TPA Puuwatu Kota Kendari," *J. Ilm. Pendidik. Lingkung. dan Pembang. Berkelanjutan*, vol. 22, pp. 1–15, 2021.
- [4] H. Kinoshita *et al.*, "Carbon Monoxide Poisoning," *Toxicol. Reports*, vol. 7, no. October 2019, pp. 169–173, 2020, doi: 10.1016/j.toxrep.2020.01.005.
- [5] A. F. Kurohman, "Perancangan Alat Pengontrol Kebersihan Toilet Fakultas Teknik Untag Surabaya Berbasis IoT," *Jur. Inform. Prodi Komputer, Fak. Tek.*, pp. 1–7, 2020.
- [6] V. Dhamale, S. Singh, S. Zadane, and M. Bhelände, "Smart Toilet Monitoring System Using IOT," *Int. J. Comput. Trends Technol.*, vol. 68, no. 3, pp. 67–69, 2020, doi: 10.14445/22312803/ijctt-v68i3p113.
- [7] H. Al-mimi, A. Al-dahoud, M. Fezari, and M. S. Daoud, "A Study on New Arduino NANO Board for WSN and IoT Applications," *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 4, pp. 10223–10230, 2020.
- [8] A. Kurniawan, *Beginning Arduino Nano 33 IoT: Step-By-Step Internet of Things Projects*. New York: Apress, 2021.