

Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Pengendali Kualitas Udara Diruang MI (*Manual Insert*) PT. Smart Meter

M. Firdos Afris Bona Zagita

PT. Smart Meter Indonesia, Jakarta
daus36614@gmail.com

Abstrak— Polusi udara adalah zat fisik, kimia, maupun biologi yang dapat membahayakan kesehatan dan dapat menimbulkan penyakit pada makhluk hidup, udara merupakan salah satu unsur pokok bagi makhluk hidup. Sistem *monitoring* pada penelitian ini mengacu pada data yang didapatkan dari tiga kombinasi sensor, sensor *Air quality sensor* untuk mengukur kadar kualitas udara, sensor MQ-7 sebagai pengukur gas karbon monoksida(CO), sensor MQ-135 sebagai pengukur gas karbon Dioksida (CO₂). Membuat alat yang dapat mengukur kualitas udara dengan akurasi yang baik, Memperbaiki sirkulasi udara dalam ruangan dan menjaga kualitas-nya, masuk dalam ambang batas standar ISPU atau WHO serta Mengurangi kadar udara berbahaya yang secara langsung dapat merugikan kesehatan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dibuat mampu mendeteksi kualitas udara dan kadar gas dengan kecepatan respon 0,5 detik saat sistem dilakukan uji coba pada ruang MI (dalam ruangan, ber-AC) dengan suhu ruangan 27°C, kelembaban 63% rata-rata Kadar kualitas udara didalam ruang MI saat dilakukan pengujian yaitu 29,7 ppm. Sedangkan untuk kadar gas CO₂ adalah 10.90 ppm dan untuk kadar gas CO rata-rata 1.48 ppm.

Kata Kunci— *Monitoring, Kualitas Udara, Internet of Thing, ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara), ESP32, Ubidots, Sensor.*

DOI: 10.22441/jte.2021.v12i1.004

I. PENDAHULUAN

Udara adalah campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi, yang termasuk salah satu sumber daya alam karena memiliki banyak manfaat bagi kehidupan. Udara tersusun dari campuran gas, antara lain nitrogen 78%, oksigen 20%, argon 0.93%, dan karbon dioksida 0.30% kemudian sisanya berupa gas-gas lain [1]. Jakarta dan kota lain di Indonesia sering dilanda cuaca yang tak menentu. Dalam kondisi yang tidak menentu, udara juga menjadi berbahaya bagi kesehatan. Sumber pencemar udara juga dapat disebabkan dari berbagai kegiatan antar lain, industri, transportasi, perkantoran dan perumahan. Selain itu proses alam seperti kebakaran hutan, gunung meletus dan gas alam beracun [2].

Solder sudah banyak dipakai sejak dahulu kala, solder digunakan dalam proses industri untuk proses menyambung komponen elektronika. Timah yang dipakai dalam proses penyolderan merupakan campuran antara 5-70% timah dengan timbal, akan tetapi campuran 63% timah dan 37% timbal merupakan komposisi yang umum untuk solder. Timbal (Pb) merupakan logam berat yang berbahaya jika masuk kedalam

tubuh manusia karena mengandung racun. Jika suatu timbal dan timah dipanaskan ataupun dileburkan, maka akan menghasilkan asap yang pekat dan sedikit terasa lengket karena ada flux dalam campuran timahnya. Ketika proses solder dilakukan maka akan ada timah yang terlepas ke udara bila dihirup dalam jumlah yang banyak, seseorang bisa saja menjadi keracunan timah dan timbal yang di tandai dengan sakit kepala, lelah, sulit BAB, muntah, nafsu makan turun, nyeri perut, nyeri sendi, rasa besi dimulut, tenggorokan terasa kering dan lain sebagainya. Dalam jangka panjang menghirup timah atau asap solder dapat menyebabkan kerusakan pada saluran pernapasan dan menimbulkan beberapa penyakit antara lain, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), sembab paru, peradangan sel paru dan pengapuran paru.

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) adalah laporan kualitas udara kepada masyarakat untuk menerangkan seberapa bersih atau tercemarnya kualitas udara dan bagaimana dampaknya terhadap kesehatan setelah menghirup udara tersebut selama beberapa jam atau hari. Penetapan ISPU ini mempertimbangkan tingkat mutu udara terhadap kesehatan manusia, tumbuhan, hewan, bangunan dan nilai estetika. ISPU ditetapkan berdasarkan 5 pencemar yaitu : karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), ozon permukaan (O₃), dan partikel debu (PM₁₀). Di Indonesia ISPU diatur berdasarkan Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997 (Kabapedal 1997).

Merujuk jurnal diatas, maka peneliti akan membuat rancang bangun sistem pemantauan dan pengendali kualitas udara diruang MI (*manual insert*) Pt. Smart Meter. Kontribusi dari peneliti adalah merancang alat yang bisa memantau, mengendalikan sirkulasi kualitas udara dan memberikan informasi melalui notifikasi email ketika keadaan kualitas udara dalam ruangan masuk kategori sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat dan berbahaya berdasarkan standar ISPU. Membantu penelitian terhadap kondisi kualitas udara dalam ruangan, dimana penelitian ini berfokus pada ruang kerja untuk proses solder seperti ruang MI. Setelah ada hasil penelitian diharapkan tata udara dalam ruang MI bisa diperbaiki agar tercipta kondisi yang nyaman dan sehat bagi para pekerja dengan kualitas udara yang baik. Hasil pembacaan alat yang dirancang bisa menjadi bahan pertimbangan untuk menindak lanjuti kelola tata udara diruang MI. Perancangan alat diharapkan bisa menjadi kontribusi yang besar terhadap perbaikan tata uadar diruang MI.

II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian yang dilakukan oleh [3] menghasilkan *Input* yang di deteksi oleh sensor yaitu gas *Ammonia* (NH₃), *Nitrogen Oxide* (NOX), *Alcohol*, *Benzena*, *Carbon Monoxide* (CO), dan *Carbon Dioxide* (CO₂). Sensor kualitas udara jenis MQ135 adalah sensor yang digunakan dan terhubung dengan mikrokontroler Wemos *board*. *Input* yang terbaca dari sensor diproses di dalam mikrokontroler dan modul wifi yang terdapat pada Wemos *board* mengirimkan informasi ke internet. Thingspeak sebagai *platform* IoT merekam data dari sensor di *channel* yang telah ditentukan dan memberikan *output* berupa grafik. Aplikasi Blynk memberikan notifikasi kepada user melalui *smartphone* jika kualitas udara mengalami peningkatan pada level yang signifikan.

Kemudian penelitian [4] menghasilkan sensor debu jenis GP2Y1010AU0F, Sensor ini membaca kadar debu dalam satuan µg/m³. Sensor asap jenis MQ-2. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi kadar asap pada ruangan dalam satuan ppm. Dan pembacaan sensor konsentrasi asap 120 ppm, konsentrasi debu 177 µg/m³. Pengujian monitoring pada *platform IoT*. *Platform* yang digunakan adalah *Think Speak* untuk menampilkan data secara visual.

Berikutnya ada [5], hasilnya adalah Peningkatan Tvoc dan Eco2 terjadi antara jam12 siang yang merupakan waktu orang kantor untuk pergi makan siang sehingga pergerakan manusia menjadi generator alami VOC ini mungkin yang meningkatkan partikulat debu baik dari pergerakan orang dalam kantor ataupun perpindahan barang dalam ruangan sehingga debu terevaporasi kemana-mana.

Lalu ada [6], menghasilkan Sensor MQ-135 berhasil membaca gas NOX dengan baik. Dengan rata-rata kesalahan 21%. Hasil pembacaan sensor PM10 bisa bekerja dengan baik konsentrasi partikulat molekul 10. Dengan rata-rata kesalahan 20%. Pengujian kadar CO bisa dibaca dengan sensor MQ-7. Data pembacaan sensor semua diakumulasi oleh wemos yang ditampilkan melalui aplikasi Blynk dengan tampilan visual yang menarik.

Terakhir ada [7], Ketika alat bekerja, LCD menampilkan seberapa besar kadar gas CO, CO₂, dan CH₄ didalam simulasi ruangan. Semakin tinggi kadar gas yang terdeteksi oleh sensor, maka semakin tinggi pula tegangan pada masing-masing sensor. Jika kandungan udara bersih maka LED hijau akan menyala, buzzer dan blower dalam keadaan tidak aktif. Namun jika sensor mendeteksi ada kadar gas berbahaya melewati batas yang ditentukan, maka LED merah akan menyala, buzzer aktif, dan blowerpun akan aktif secara otomatis untuk membuang kadar gas berbahaya keluar dari simulasi ruangan. Setelah udara di dalam simulasi ruangan kembali bersih, buzzer dan blower akan berhenti menyala serta LED akan kembali pada warna hijau.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

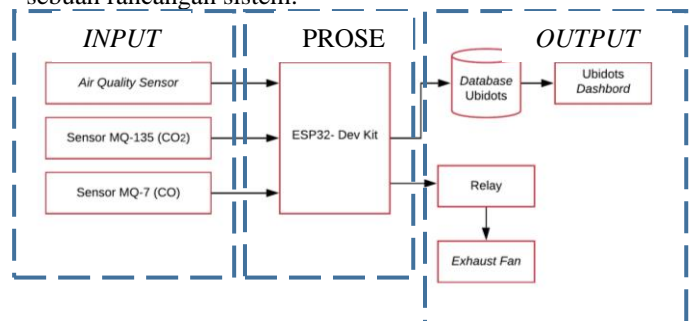
- Studi literatur pada tahap ini dilakukan pencarian landasan-landasan teori yang diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal dan lain-lain untuk melengkapi perbendaharaan konsep dan teori,

sehingga memiliki landasan dan keilmuan yang baik dan sesuai supaya tujuan dari penelitian dapat tercapai.

- Metode rancang bangun pada metode ini melakukan perancangan baik *hardware* maupun *software* yang disesuaikan dengan kebutuhan alat yang akan dibuat.
- Metode percobaan, metode percobaan dimaksudkan untuk menguji dan membuktikan hasil rancang bangun alat yang dibuat, apakah sesuai dengan landasan teori yang telah didapat dari studi literature.
- Pembuatan laporan pada tahap ini dilakukan pembuatan laporan yang disusun berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan menggunakan teknik pengumpulan data primer dan skunder sehingga menjadi laporan penelitian yang dapat memberikan gambaran peneliti secara utuh.

A. Blok diagram

Blok diagram adalah diagram dari sebuah sistem, dimana bagian utama atau fungsi yang diwakili oleh blok dihubungkan dengan garis yang menunjukkan hubungan dari blok. Blok diagram dibuat untuk memperjelas konsep keseluruhan dari sebuah rancangan sistem.



Gambar 1 Blok Diagram Alat

B. Diagram alir

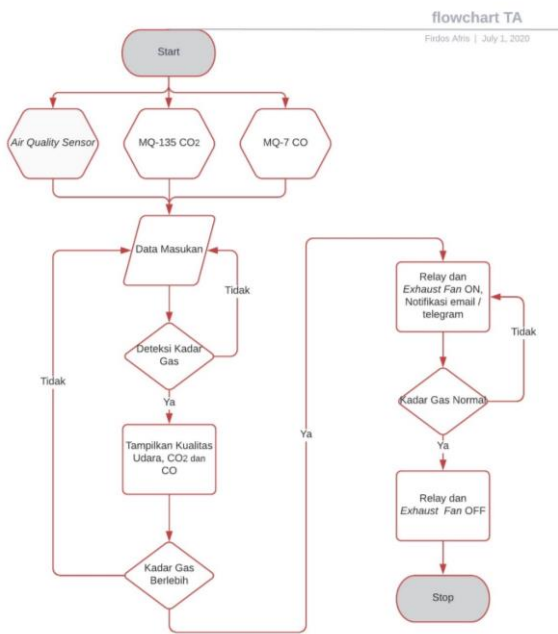
Adalah jenis diagram yang mewakili algoritma, alur kerja atau proses dari sebuah sistem, yang menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol-simbol grafis dan urutannya dihubungkan dengan panah. Diagram ini mewakili ilustrasi atau penggambaran penyelesaian masalah.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini dilakukan guna mengetahui apakah seluruh sistem dapat bekerja sesuai dengan apa yang telah dirancang. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok perancangan alat (*Hardware* dan *Software*) serta pengujian keseluruhan untuk mengetahui fungsi alat dan sistem dapat bekerja dengan baik.

Percobaan dilakukan dengan tahap awal adalah melakukan pengukuran kualitas udara di area MI. Sensor yang digunakan yaitu *Air Quality Sensor*, MQ-135 dan MQ-7 dengan fokus pengukuran-nya adalah kualitas udara bersih, CO₂ dan CO. Software untuk data visual atau *dashboard* menggunakan Platform IoT [8] dari Ubidots yang nanti-nya dilengkapi notifikasi Email dari Ubidots sistem bila mana ada batas atau parameter tertentu untuk menginformasikan kondisi sekitar yang menjadi area pengukuran.

Perancangan alat ini menggunakan *Air Quality Sensor* untuk pengukuran kadar kualitas udara bersih, MQ-135 untuk pengukuran kadar CO₂ dan MQ-7 untuk pengukuran kadar CO didalam ruangan MI. Sensor tersebut terhubung ke mikrokontroler ESP-32 *Development Board*. Pemabacan awal sebagai langkah kalibrasi dilakukan secara *serial monitor* antara ESP-32 dan Arduino IDE melalui laptop.

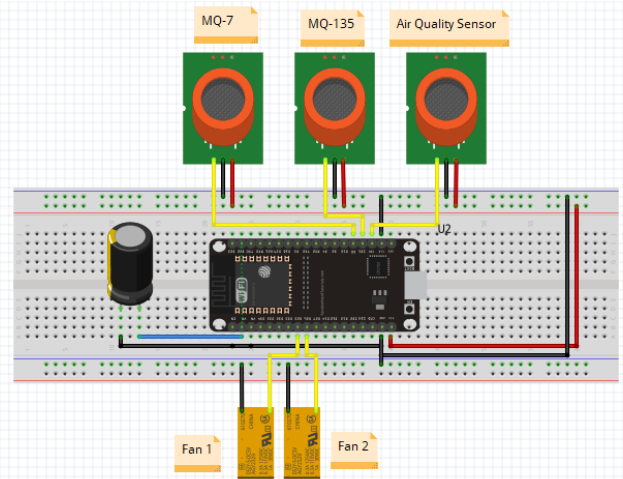


Gambar 2 Diagram Alir Sistem

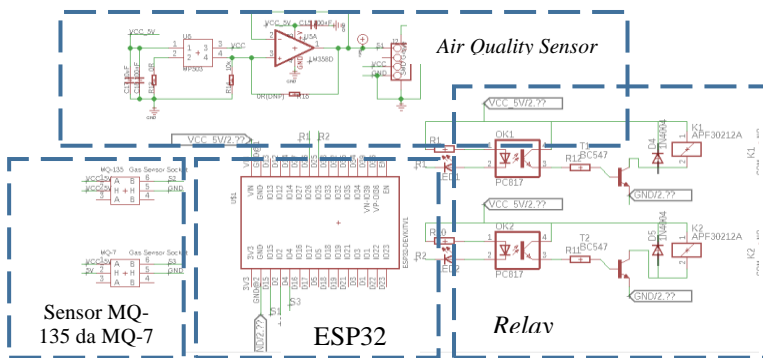
Pada gambar 2 merupakan Diagram Alir dari keseluruhan sistem, secara garis besar sistem akan menerima data masukan dari 3 sensor yang akan digunakan untuk perancangan alat. Data yang dikirim oleh sensor berisi informasi kadar kualitas udara, gas CO₂ dan CO yang kemudian ditampilkan ke dalam data visual. Saat gas melebihi ambang batas 50 sampai 100 ppm relay akan ON untuk mengalirkan arus ke *Exhaust fan* dan ada notifikasi pemberitahuan melalui email. Saat udara kembali ke batas normal atau sesuai standar relay OFF dan *Exhaust fan* mati sistem akan terus bekerja selama catu daya terus mengalir pada alat yang dirancang.

C. Perancangan Prototype alat

Tahap ini adalah proses pembuatan *prototype* alat yang mengacu pada gambar *schematic diagram* dan layout yang telah dibuat. Proses perakitan alat harus sesuai dengan *schematic diagram* supaya tidak ada kesalahan, lakukan perakitan dengan teliti dan hati-hati.



Gambar 4 Skematik Diagram



Gambar 3 Skematik Diagram

A. pengujian Air Quality Sensor Tabel

Tujuan pengujian *Air Quality Sensor* adalah untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang sesuai dengan data yang terlampir pada *datasheet*-nya, sehingga hasil pembacaan dari sensor tersebut dapat digunakan sebagai panduan perancangan alat. Mikrokontroler ESP-32 dapat menerima data hingga 12 bit sehingga dapat mengkonversi data analog menjadi 4096 keadaan ($2^{12} = 4096$). Artinya nilai 0 mempresentasikan tegangan 0 volt dan nilai 4096 mempresentasikan tegangan 5 volt.

Pengujian *Air Quality Sensor* yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara bersih (CO, H₂CO, Alkohol, Nox, dan Tinner) dilakukan didalam ruangan sebanyak tiga kali guna mengetahui selisih setiap pembacaan dari masing-masing percobaan. Hasil percobaan dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 Hasil pembacaan Air Quality Sensor

NO	Kualitas Udara (CO, H2CO, Alkohol, NOx, dan Tinner)	Satuan	Kategori
1	35	ppm	Udara Segar/Bersih
2	16	ppm	Udara Segar/Bersih
3	56	ppm	Sedang
4	21	ppm	Udara Segar/Bersih
5	30	ppm	Udara Segar/Bersih
6	29	ppm	Udara Segar/Bersih
7	29	ppm	Udara Segar/Bersih
8	28	ppm	Udara Segar/Bersih
9	25	ppm	Udara Segar/Bersih

Bisa dilihat pada tabel diatas pengujian pada sensor Air Quality Sensor rata-rata pembacaan adalah 29,7 ppm, kualitas udara dalam ruangan yang terukur masih masuk dalam kategori bersih. Dan kesetabilan sistem saat pengujian cukup baik. Karena keterbatasan alat ukur untuk kalibrasi maka peneliti melakukan perbandingan data yang merujuk pada ISPU atau WHO.

Ketika pengukuran kualitas udara melebihi 100 ppm dalam waktu 10 detik maka sistem akan langsung menghidupkan relay, dua exhaust fan akan menyala. Exhaust fan satu mengatur sirkulasi kualitas udara masuk dengan menarik udara dari luar ruangan dan exhaust fan dua membuang udara dalam ruangan dengan menarik udara dari dalam ruangan. Kemudian sistem akan memberitahu melalui email tentang kadar kualitas udara saat itu. Dimensi ruang MI yaitu 864 m³ dengan tingkat keperluan pertukaran udara 50 kali dalam satuan ACH (air changes per hour) maka kebutuhan exhaust fan yang sesuai untuk ruang MI yaitu 4500 CMH.

B. pengujian Sensor MQ-135

Tujuan pengujian Sensor MQ-135 adalah untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang sesuai dengan data yang terlampir pada datasheet-nya. Sehingga hasil pembacaan darai sensor tersebut dapat digunakan sebagai panduan perancangan alat. Dengan fokus pembacaan kadar CO2 dalam ruangan.

Pengujian Sensor MQ-135 yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara bersih dilakukan didalam ruangan sebanyak tiga kali guna mengetahui selisih setiap pembacaan dari masing-masing percobaan. Hasil percobaan dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil pembacaan sensor MQ-135

NO	Hasil pengukuran an CO2	Referensi Journal			Satuan	Kategori Tercemar (WHO)
		A.	B.	C.		
1	2.16	652	2.44	400	ppm	350 > ppm
2	2.37	661			ppm	
3	2.66	746			ppm	
4	2.31	850			ppm	
5	2.73	840	7.5	510	ppm	
6	3.28	832		ppm		
7	3.21	887		ppm		
8	2.85	1132	2.45	690	ppm	
9	2.60	1000		ppm		
10	2.35	958		780	ppm	

Catatan: (A.) = Hasil pengukuran dari jurnal “Purwarupa Sistem Deteksi Dan Pengurangan Kadar CO, CO2 Dan NO2 Berbasis Mikrokontroler”, (B.) = Data yang diambil dari jurnal “Monitor Kualitas Udara Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi dan Modul Wemos D1 [9] dan (C.) = Multiplexer Performance Testing For IoT-Based Air Quality Monitoring System [10].

Kelebihan hasil pengukuran jurnal (A.) Data sampel pengujian cukup variatif dan banyak dilakukan uji menggunakan bahan/media yang berbeda namun alat yang dirancang memiliki kekurangan yaitu belum terintegrasi dengan internet. Pada jurnal (B.) alat dirancang menggunakan wemos D1 (Client) sebagai mikrokontrol yang data pembacaannya dikirim ke server Raspberry Pi. Kelebihan-nya mempunyai server yang dirancang khusus untuk akumulasi data dari wemos sedangkan kekurangan-nya data hasil pengukuran yang divisualisasikan kurang banyak. Sedangkan pada jurnal (C.) sistem dirancang untuk bisa di akses menggunakan smartphone dimana data yang dikirim oleh Nodemcu 8266 disimpan pada database Google Firebase kemudian diakuisisi oleh server MIT APP Inventor untuk divisualisaikan data pengukuran-nya, kekurangan pada jurnal ini adalah sistem belum ada notifikasi pada saat nilai pembacaan melebihi batas standar. Pengukuran kadar gas CO2 juga dipengaruhi oleh jumlah orang yang berada pada ruangan, saat dilakukan sampel atau uji pengambilan data selain itu juga ada pengaruh lain seperti kegiatan penyolderan, penggunaan bahan kimia lain yang ada dalam ruangan tersebut sebagai contoh penggunaan cairan IPA, Coating, Thinner dan cairan flux.

C. pengujian Sensor MQ-7

Sama seperti sensor sebelum-nya tujuan pengujian Sensor MQ-7 adalah untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang sesuai dengan data yang terlampir pada datasheet-nya. Sehingga hasil pembacaan darai sensor tersebut dapat digunakan sebagai panduan perancangan alat. Dengan fokus pembacaan kadar CO dalam ruangan.

Pengujian Sensor MQ-135 yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara bersih dilakukan didalam ruangan sebanyak tiga kali guna mengetahui selisih setiap pembacaan dari masing-masing percobaan. Hasil percobaan dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil pembacaan sensor MQ-7

NO	Sistem saat <i>Published</i> data ke Ubidots	Hasil pengukuran alat			Referensi Jurnal		
		Kualitas Udara (CO, H2CO, Alkohol, Nox, dan Tinner)	CO2	CO	Kualitas Udara	CO2	CO
1	08:58:13	35	10.69	1.45	356 - 531	652	29
2	08:58:02	16	10.81	1.54		661	33
3	08:58:40	56	10.85	1.54		746	29
4	08:57:29	21	10.69	1.48		850	95
5	08:57:18	30	10.92	1.58		840	82
6	08:57:07	29	10.95	1.50		832	110
7	08:56:56	29	10.18	1.40		887	120
8	08:56:45	28	11.00	1.58		1132	93
9	08:56:34	25	11.03	1.47		1000	99
10	08:56:23	28	10.97	1.31		958	89

Catatan: (A.) = Hasil pengukuran dari jurnal “Purwarupa Sistem Deteksi Dan Pengurangan Kadar CO, CO2 Dan NO2 Berbasis Mikrokontroler”, (B.) = Data yang diambil dari jurnal “Monitor Kualitas Udara Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi dan Modul Wemos D1 dan (C.) = *Multiplexer Performance Testing For IoT-Based Air Quality Monitoring System*. Untuk kelebihan dan kekurangannya seperti dijelaskan pada catatan tabel 4.2. Pengukuran kadar gas CO disetiap daerah atau ruang pasti berbeda karena setiap daerah atau ruang memiliki kondisi tingkat polusi berbeda yang dipengaruhi lingkungan sekitar.

D. Pengujian keseluruhan

Setelah melakukan pengujian dari masing-masing sensor langkah berikut nya adalah pengujian keseluruhan sistem. Tujuan pengujian keseluruhan adalah untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Dimana parameter pengujian yang menjadi fokus penelitian adalah kualitas kebersihan udara, gas CO2 dan CO didalam ruang MI. Data yang didapat dari hasil pembacaan sensor diakumulasi oleh mikronktrol (ESP-32) yang kemudian dikirim ke MQTT server Ubidots untuk kemudian ditampilkan kedalam bentuk visual dengan *dashboard* yang sudah didesain sedemikian rupa.



Gambar 5 Tampilan Dashboard Ubidots

Tabel 4 Hasil percobaan keseluruhan

NO	Hasil pengukuran CO	Referensi Jurnal			Satuan	Kategori Tercemar (WHO)
		A.	B.	C.		
1	5.97	29	2.15	41	5 – 200 ppm	
2	5.96	33				
3	5.94	29				
4	5.94	95	0.87	44		
5	5.94	82				
6	5.89	110	2.30	49		
7	5.92	120				
8	5.89	93				
9	5.88	99				
10	5.86	89	53	58		

Pengukuran kualitas udara (CO, H2CO, Alkohol, dan Tinner), kadar CO2 dan CO juga dipengaruhi oleh jumlah orang yang berada pada ruangan, saat dilakukan sampel atau uji pengambilan data selain itu juga ada pengaruh lain seperti kegiatan penyolderan, penggunaan bahan kimia lain yang ada dalam ruangan tersebut sebagai contoh penggunaan cairan IPA, Coating, Thinner dan cairan flux.

Kondisi sirkulasi udara dalam ruangan juga menentukan kualitas udara dalam ruangan, karena buruk nya sirkulasi udara dalam ruangan berdampak pada kualitas udara didalam nya dimana udara yang sudah terkontaminasi tidak terbuang dengan baik dan kurang nya masukan udara segar yang mendorong keluar udara dalam ruangan.

Alat yang dirancang oleh penulis memiliki perbedaan dari jurnal yang menjadi *literature review* salah satu nya yaitu alat dilengkapi dengan notifikasi Email ketika hasil pembacaan kualitas udara melebihi batas tidak sehat sesuai level indeks standar pencemaran udara (ISPU). Pesan yang dikirim melalui email berupa nilai pembacaan kualitas udara.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis dari penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Kadar kualitas udara didalam ruang MI saat dilakukan pengujian rata-rata 29,7 ppm dan masuk dalam kategori baik atau segar.
- kadar gas CO2 rata-rata 10.90 ppm dan untuk kadar gas CO rata-rata 1.48 ppm, masih masuk dalam kategori baik sesuai standar ISPU dan WHO.
- Rancang bangun sistem menggunakan *Air quality sensor v1.3*, sensor MQ-7, sensor MQ-135 yang dikendalikan oleh ESP32 sebagai mikrokontrol dengan *output exhaust fan* dan sistem pemantauan berbasis internet bisa dilaksanakan sesuai perumusan masalah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. R. Damaik, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Kamar Rumah Sakit Menggunakan Sensor DHT11, MQ135 dan Arduino". Universitas Sumatra Utara. Medan, 2019.
- [2] A. S. Mannaf, F. A. Setyaningsih and I. Ruslianto, "Purwarupa Sitem Deteksi dan Pengurangan Kadar CO, CO2 dan NO2 Berbasis Mikrokontroler", *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, Universitas Tanjung Pura, vol. 4, no. 3, 2016.
- [3] M. Jacqueline and O. Lengkong, "Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT", *CogITo Smart Journal* 4(1):94, 2018.
- [4] Irianto, F. D. Murdianto, D. S. Fitriani and E. Sunarno, "Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT)", *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 2019.
- [5] J. Esquiagola, M. Manini, A. S. Aikawa, L. Yoshioka and M. K. Zuffo, "Monitoring Indoor Air Quality by using IoT Technology", XXV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing - INTECON 2018
- [6] M. J. S. Mulia, "Rancang Bangun Pemantau Kualitas Pencemar Udara Menggunakan Sensor di Industri Gula Berbasis Android". Politeknik Negeri Surabaya, Surabaya, 2019.
- [7] S. Widodo, M. M. Amin, A. Sutrisman and A. A. Putra, "Rancang Bangun Alat *Monitoring* Kadar Udara Bersih dan Gas Berbahaya CO, CO2, dan CH4 Dalam Ruangan Berbasis Mikrokontroler", Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, Palembang, 2017.
- [8] A. Adriansyah, S. Budiyanto, J. Andika, A. Romadlan, and N. Nurdin, "Public street lighting control and monitoring system using the internet of things," *The 5th International Conference On Industrial, Mechanical, Electrical, And Chemical Engineering 2019 (ICIMECE 2019)*, 2020, doi: 10.1063/5.0000594.
- [9] F. Tahir, W. Ridwan, and I. Z. Nasibu, "Monitor Kualitas Udara Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi dan Modul Wemos D1", *jt*, vol. 18, no. 1, pp. 35-44, Jun. 2020.
- [10] B. D. Waluyo, H. D. Hutahaean, and A. Junaidi, "Multiplexer Performance Testing For IoT-Based Air Quality Monitoring System: Multiplexer Performance Testing For IoT-Based Air Quality Monitoring System", *mantik*, vol. 4, no. 1, pp. 33-40, May 2020.