



## Evaluasi Hasil Perakitan Dan Simulasi Kerja Robot Pembersih Polusi Udara Appkira Dalam Pemulihan Kualitas Udara

Ardian Febriansyah Putra<sup>1</sup>, Muhammad Dzaki Arkaan Hidayat<sup>2</sup>,

Muhammad Abdul Azihim<sup>2</sup>, Fadia Syakira Mustaniroh<sup>2</sup>

\*SMA Negeri 2 Kota Tangerang Selatan, Tangerang Selatan, Indonesia

\*Email : [ardian@smn2tangsel.sch.id](mailto:ardian@smn2tangsel.sch.id)

### ABSTRAK

Gas karbon monoksida merupakan salah satu polutan yang diemisikan dari knalpot kendaraan bermotor. Gas ini sangat berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan dan berkontribusi pula terhadap perubahan iklim global. Upaya preventif maupun kuratif telah banyak disosialisasikan dan dilaksanakan untuk mengurangi polusi udara. Robot APPKIRA merupakan salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan polusi udara tersebut. Tujuan dari perancangan dan perakitan robot APPKIRA ini adalah untuk mengetahui kinerja dari robot APPKIRA dan untuk mengetahui dan mengevaluasi kinerja robot APPKIRA dalam menurunkan tingkat polusi udara dengan cara membandingkan dengan Indeks Standar Pencemar Udara. Robot APPKIRA dilengkapi komponen panel surya sebagai sumber energi, sensor gas sebagai pendeteksi polusi, dikontrol dengan mikrokontroler, dan juga menggunakan prinsip IoT, mampu mendeteksi polusi yang terjadi. Hasil simulasi dan evaluasi menunjukkan bahwa robot APPKIRA mampu mengurangi tingkat pencemaran yang ditunjukkan dengan bekerjanya sistem untuk membersihkan polusi karbon monoksida. Emisi karbon monoksida dari asap knalpot kendaraan bermotor terukur sebesar 17,922 mg/L (20.173 µg/m<sup>3</sup>) dengan nilai ISPU sebesar 218,66 dengan kategori sangat tidak sehat (merah), dan robot APPKIRA mampu membersihkan polusi karbon monoksida menjadi 0,2943 mg/L (331,3 µg/m<sup>3</sup>) dengan nilai ISPU sebesar 3,31 dengan kategori baik (hijau). Hasil pengukuran sensor MQ-7 dan DHT-22 menunjukkan bahwa robot APPKIRA mampu menurunkan tingkat polutan karbon monoksida dalam kompartemen ruang simulasi dalam rentang waktu 15 (lima belas) detik.

**Kata Kunci:** Pembersih Udara, Robot APPKIRA, Evaluasi Kinerja

### ABSTRACT

*Carbon monoxide is one of the pollutant gas that is emitted from an exhaust of a vehicle. This gas is considered to be hazardous both for health nor the environment, it also took part in the contribution of climate change. Many ways, preventively and curatively, has been conserved in order to lessen the pollution. The APPKIRA robot is one of the effective solution to this problem, the creation of this automaton aimed to test the performance and evaluate whether the APPKIRA robot could overall reduce the pollution compared to Indeks Standar Pencemar Udara. This robot is completely equipped with a solar panel as its source of energy, a gas sensor to detect pollution, controlled by a microcontroller, as well as the application of the IoT principle. After further analysis, the APPKIRA robot has proven its ability to diminish pollutant extent which is shown by how the machine works as a carbon monoxide pollution remover. It is known that the emission of carbon monoxide from an exhaust is measured up to 17,922 mg/L (20.173 ug/m<sup>3</sup>) with the value of 218.66 which is categorized as very harmful (red). However, the APPRIKA robot can minimize the carbon monoxide pollution to 0,2943 mg/L (331,3 ug/m<sup>3</sup>) with an ISPU value of 3,31 and green as its category. The outcome of the MQ-7 and DHT-22 sensor suggests that the APPRIKA robot could decrease the carbon monoxide pollution level in a spawn of 15 seconds during the simulation in the compartment.*



**Keywords:** Air Purifier, APPKIRA Robot, Performance Evaluation

## PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan di Indonesia menjadi isu utama dan yang menjadi salah satu permasalahan lingkungan tersebut adalah pencemaran udara. Berdasarkan World's Worst tahun 2020, Ibukota Jakarta termasuk ke dalam 5 (lima) besar wilayah terpolusi di dunia.



Sumber: *Bloomberg*

**Gambar 1.** Peringkat Wilayah Ibukota terpolusi di dunia versi World's Worst

Kondisi udara di Indonesia dan negara-negara Asia lainnya mendapatkan udara beracun sebagai akibat dari adanya aktivitas manusia, yang dapat dihasilkan dari asap dari knalpot kendaraan bermotor, pembangkit listrik tenaga batu bara, pembakaran pertanian, dan emisi industri. Kondisi ini membahayakan sebab Organisasi Kesehatan Dunia memperkirakan bahwa udara kotor dapat membunuh sekitar 7 juta orang setiap tahun. Diperkirakan ada 6,5 juta kematian di seluruh dunia setiap tahunnya diakibatkan oleh kualitas udara yang buruk (Engels dkk, 2018). Gas karbon monoksida yang berasal dari gas buang kendaraan akan sangat tinggi pada saat motor dioperasikan pada beban yang besar dan putaran yang rendah. Hal ini identik dengan kondisi saat macet, karena pada kondisi macet inilah maka motor beroperasi pada beban yang tinggi namun putaran rendah. Ini berarti, gas karbon monoksida yang dilepas ke lingkungan akan semakin tinggi pada saat macet,.Semakin banyak simpul – simpul kemacetan, maka semakin banyak pula pelepasan gas karbon monoksida dan karbon dioksida ke lingkungan (Kumaat, 2012). Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa hingga penghujung tahun 2018, jumlah sepeda motor di tanah air mencapai 137,7 juta unit. Sedang data AISI mencatat pada tahun 2019 ada 6,05 juta unit kuda besi terjual ke konsumen; Artinya secara keseluruhan saat ini ada sekira 143,75 juta kendaraan bermotor yang beredar di Indonesia. Diprediksi dari tahun ke tahun akan terjadi peningkatan volume kendaraan bermotor yang akan berkontribusi terhadap kepadatan lalu lintas yang berdampak terhadap peningkatan polusi udara yang tidak hanya terjadi di di kota-kota besar, bahkan sampai ke pelosok daerah.



Dari permasalahan tersebut di atas, diperlukan suatu inovasi teknologi yang bisa membantu menurunkan tingkat polusi udara dari aktivitas transportasi khususnya kendaraan bermotor yang menjadi sumber utama pencemaran udara di daerah perkotaan, sehingga dapat menjaga kenyamanan dan kesehatan masyarakat. APPKIRA merupakan robot yang dibuat untuk membantu mendeteksi dan membersihkan polusi udara. APPKIRA ini dilengkapi sensor untuk mendeteksi tingkat polusi dari suatu tempat yang diukur, kemudian APPKIRA akan bekerja memulihkan kualitas udara bila sudah melewati baku mutu yang telah diprogram. APPKIRA diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif dalam menyelesaikan permasalahan polusi udara dan dapat diaplikasikan dalam membantu mengatasi permasalahan polusi sehingga kota yang merupakan penyumbang polusi terbesar bisa meminimalisir tingkat polusi udara dan menjadi kota yang segar dan ramah terhadap kesehatan.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini adalah *developmental research*. Oleh Karena itu, penelitian ini lebih berfokus pada mengukur dan mengevaluasi kinerja yang dimiliki dari alat APPKIRA. Jenis penelitian di deskripsikan termasuk jenis penelitian kualitatif, kuantitatif atau survei. Data yang digunakan oleh peneliti dalam penelitian ini yaitu data primer yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja robot, sedangkan data sekunder yang digunakan untuk penarikan kesimpulan.

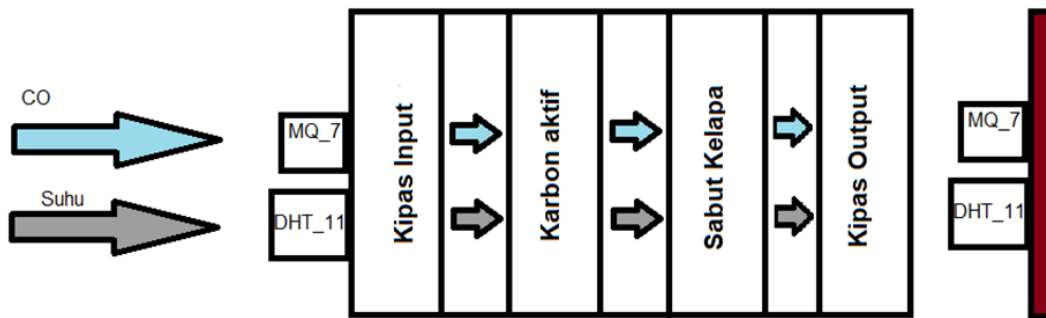
Perancangan, perakitan robot APPKIRA serta pengukuran parameter kualitas udara dilaksanakan di Kota Tangerang Selatan dengan jangka waktu 4 bulan. Alat dan bahan merupakan alat dan bahan yang digunakan untuk pengolahan data penelitian. Disajikan menggunakan tabel, cantumkan sumber, dan fungsi alat. Pada bagian subjudul ini, pada manuskrip dijelaskan teknik pengumpulan data primer dan sekunder. Teknik pengolahan data dan analisis data diuraikan, serta dibuat diagram alur prosedur penelitian.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **1. Perancangan Robot APPKIRA**

Robot APPKIRA dirancang untuk mengurangi polusi udara karena dilengkapi seperangkat alat berupa boks udara yang mampu menghisap dengan menggunakan alat sejenis vakum, selanjutnya didorong dengan motor dan disaring dengan batok kelapa setelah dari batok kelapa disaring dengan semacam kapas yang basah lalu disaring lagi dengan beberapa karbon kemudian udara didorong oleh motor menuju sensor pendeteksi udara.

Berikut perancangan robot APPKIRA :



Gambar 2. Perancangan Robot APPKIRA

## 2. Cara Kerja Robot APPKIRA

Prinsip kerja dari robot APPKIRA ini adalah sensor yang telah diaktifkan akan mendeteksi kualitas udara sekitar, apabila lampu indikator berwarna hijau maka mengindikasikan bahwa udara di sekitar masih memenuhi kualitas udara yang telah ditetapkan, maka udara dikeluarkan dari boks dengan dorongan dari motor. Sedangkan apabila mendeteksi kualitas udara melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan maka lampu indikator akan berwarna merah, maka robot akan bekerja untuk menyaring menggunakan filter karbon aktif yang sudah dirancang dalam robot APPKIRA dengan cara didorong dengan motor penggerak. Adapun filter udara yang digunakan adalah dengan menggunakan sabut kelapa & karbon aktif. Berdasarkan studi literatur, kandungan rata-rata sabut kelapa adalah terdiri dari 20% hemiselulosa, 43% selulosa (serat), dan 45% lignin. (Yan Kondo, 2018), dengan menggunakan sabut kelapa diharapkan emisi partikel *ultrafine* yang ada dalam asap berkurang. Karbon aktif berfungsi untuk menyerap emisi karbonmonoksida (CO) dan kelembaban udara.

Sumber energi listrik yang digunakan robot APPKIRA adalah menggunakan accu sebagai power energi listrik, accu mendapat energi dari solar panel. Alasan penggunaan solar panel karena solar panel memiliki keunggulan : Ramah lingkungan, Lebih hemat biayanya dan masa pakai yang lama mencapai 25 hingga 30 tahun. Setelah energi listrik didapatkan dari sinar matahari oleh solar panel kemudian ke solar charger, selanjutnya arus listrik dibawa ke Accu sebagai sumber listrik dan tempat penampungan listrik. Setelah dari Accu listrik dialirkan ke board ESP 8266 untuk bisa menyala dan mengaktifkan komponen-komponen lainnya.

Berikut konsep peta sumber listrik yang dipasang dalam robot APPKIRA :



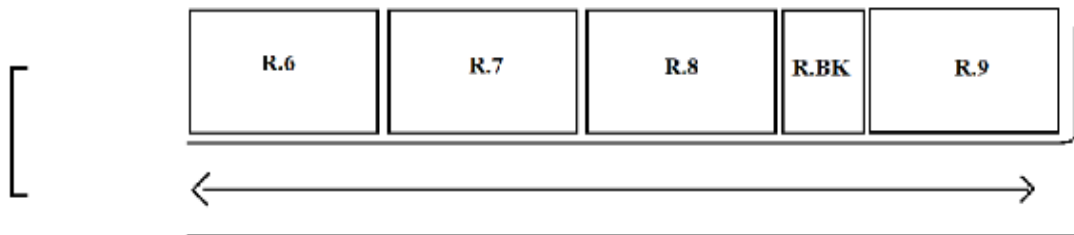
Gambar 3. Konsep peta sumber listrik yang dipasang dalam robot APPKIRA



### 3. Uji Coba Jangkauan Sinyal APPKIRA Menggunakan Handphone

Setelah robot APPKIRA selesai dirakit selanjutnya dilakukan uji jangkauan sinyal menggunakan handphone pada robot APPKIRA untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap kemampuan handphone dalam memantau robot. Uji jangkauan sinyal dilakukan di dua tempat yaitu di SMPIT Insan Harapan (R.6 sampai R.9) dan di Pedestrian Komplek Perumahan Puspipetek.

Berikut denah lokasi uji jangkauan sinyal di SMPIT Insan Harapan seperti tampak pada Gambar 4.3



**Gambar 4.** Denah lokasi percobaan uji kualitas udara ambien di SMPIT Insan Harapan

Hasil uji jangkauan sinyal *handphone* diketahui pengaruh dinding ruangan dan ketebalan dinding ruangan berpengaruh terhadap sensitivitas robot. Semakin tebal dinding maka kemampuan kendali *handphone* terhadap robot APPKIRA akan semakin berkurang.

Uji jangkauan sinyal *handphone* selanjutnya dilakukan di pedestrian di Komplek Puspipetek Serpong, dimana di kanan kiri pedestrian ini ditumbuhi pohon-pohon kayu yang rindang. Dari hasil uji coba tersebut diketahui robot APPKIRA dapat bekerja dengan baik sampai jarak 80 meter; jaringan sempat terputus di kejauhan 80 meter dari robot, namun beberapa saat kemudian terhubung kembali. Robot dapat bekerja dengan baik maksimal pada jarak 120 meter dari titik pusat.



**Gambar 5.** Uji coba kemampuan jarak handphone dalam mengendalikan robot APPKIRA



#### 4. Pengukuran Kualitas Udara Ambien Hasil Deteksi Sensor Robot APPKIRA

Pengukuran kualitas udara ambien dilakukan di SMPIT Insan Harapan. Pengukuran pertama dilakukan di R.6-R.9 untuk mengetahui kualitas udara di SMPIT Insan Harapan. Pengukuran kedua dilakukan untuk uji alat robot APPKIRA yang dilakukan secara simulasi menggunakan asap knalpot motor yang ditampung dalam wadah plastik, kemudian wadah plastik tersebut diukur kadar karbonmonoksidanya.

Berikut data hasil pengukuran kualitas udara ambien menggunakan sensor MQ-7.

**Tabel 1.** Pengukuran kualitas udara menggunakan sensor MQ-7

No	Pengambilan Data	Kadar CO (mg/L)
1	Kualitas Udara di SMPIT Insan Harapan	3,00
		3,06
		3,08
		3,10
		3,08
		3,13
		3,13
		3,09
		3,11
		3,09
		3,10
		3,12
		3,12
		3,12
		3,16
		3,19
		3,16
		3,16
		3,16
		3,14
3,14		
3,14		
3,14		
3,14		

#### 5. Simulasi Uji coba Pembersihan Kualitas Udara Terpolusi Karbonmonoksida Menggunakan Robot APPKIRA

Untuk melakukan simulasi pemulihan kualitas udara terpolusi karbonmonoksida dilakukan pengambilan asap knalpot dari motor yang ditampung dalam wadah plastik. Selanjutnya robot APPKIRA dipasang langsung pada wadah tersebut untuk mengetahui apakah robot APPKIRA dapat mendeteksi dan mengatasi masalah polusi tersebut.



Untuk simulasi tersebut diperlukan 2 (dua) buah sensor pada robot APPKIRA yang dipasang pada sebelum (input) dan sesudah (output) proses pembersihan kualitas udara oleh robot APPKIRA. Sensor pertama diletakkan di ruang simulasi tempat terjadinya polusi udara (Ruang Simulasi I), sedangkan sensor ke-2 diletakkan setelah proses pembersihan dilakukan oleh Robot APPKIRA (Ruang Simulasi II).



**Gambar 6.** Perakitan dan Simulasi Uji Pembersihan Kualitas Udara Menggunakan Robot APPKIRA

Uji coba yang dilakukan dalam melakukan pengukuran kualitas udara menggunakan Robot APPKIRA diperoleh hasil seperti pada tabel berikut :

**Tabel 2.** Pengukuran kualitas udara menggunakan robot APPKIRA

No.	Pengambilan Data	Kadar CO (mg/L)
1	Sensor 1 (Ruang Simulasi I)	0.8337
		5.5546
		11.8879
		17.9224
		15.4234
		13.0001
		7.6663
		6.4035
		5.6521
		4.6570
2	Sensor 2 (Ruang Simulasi 2)	0.0410
		0.6732
		1.6693
		6.7610
		7.7553
		5.4792
		1.8758
		0.8104
		0.2943

#### 4.1.6. Perhitungan Kategori Kualitas Udara Dari Hasil Pengukuran

Untuk mengetahui tingkat polusi udara yang disebabkan oleh knalpot motor data harus diolah satuannya dari mg/L perlu dikonversi ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  agar dapat di bandingkan langsung dengan ke standar baku mutu udara ambien.



Konversi mg/L ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  menggunakan rumus :  $\mu\text{g}/\text{m}^3 = \text{mg}/\text{L} \times 1000 [(P \times M)/(R \times T)]$ , dan diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.2.

**Tabel 3.** Perhitungan konversi kadar CO dari mg/L menjadi satuan  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pada uji kualitas udara ambien di SMPIT Insan Harapan

No	Pengambilan Data	Kadar CO (mg/L)	Kadar CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	Kualitas Udara di SMPIT Insan Harapan	3.00	3376.7
		3.06	3444.2
		3.08	3466.8
		3.10	3489.3
		3.08	3466.8
		3.13	3523.0
		3.13	3523.0
		3.09	3478.0
		3.11	3500.5
		3.09	3478.0
	Kualitas Udara di SMPIT Insan Harapan (lanjutan)	3.10	3489.3
		3.12	3511.8
		3.12	3511.8
		3.12	3511.8
		3.16	3556.8
		3.19	3590.6
		3.16	3556.8
		3.16	3556.8
		3.16	3556.8
		3.14	3534.3
3.14	3534.3		
3.14	3534.3		
3.14	3534.3		
3.14	3534.3		

Dari hasil uji pengukuran kualitas udara yang dilakukan di SMPIT Insan Harapan, diketahui bahwa kualitas udara ambien di SMPIT Insan Harapan adalah sebesar 3,1192 mg/L atau bila dikonversi sesuai satuan SI adalah 3510,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Berdasarkan baku mutu udara ambien nasional menurut PP No 41 tahun 1999 kualitas udara di SMPIT Insan Harapan masih berada di bawah baku mutu ambien (30.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Tabel 4.** Perhitungan konversi kadar CO dari satuan mg/L ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dari uji robot

No	Pengambilan Data	Kadar CO (mg/L)	Kadar CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2	Sensor 1 (Input)	0.8337	938.4
		5.5546	6252.1
		11.8879	13380.7



		17.9224	20172.9
		15.4234	17360.1
		13.0001	14632.6
		7.6663	8628.9
		6.4035	7207.6
		5.6521	6361.9
		4.657	5241,8
	Sensor 2 (Output)	0.0410	46.1
		0.6732	757.7
		1.6693	1878.9
		ca6.7610	7610.0
		7.7553	8729.1
		5.4792	6167.2
		1.8758	2111.4
		0.8104	912.1
		0.2943	331.3

#### 4.1.7. Kategori Kualitas Udara Berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara

Untuk mengetahui Indeks Standar Pencemar Udara diperlukan perhitungan sesuai dengan berdasarkan perhitungan indeks standar pencemar udara yang telah ditetapkan dalam Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor: Kep-107/Kabapedal/11/1997 tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara.

Nilai ISPU diperoleh dengan melakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{I_a - I_b}{I_x - I_b} = \frac{X_a - X_b}{X_x - X_b}$$

Keterangan :

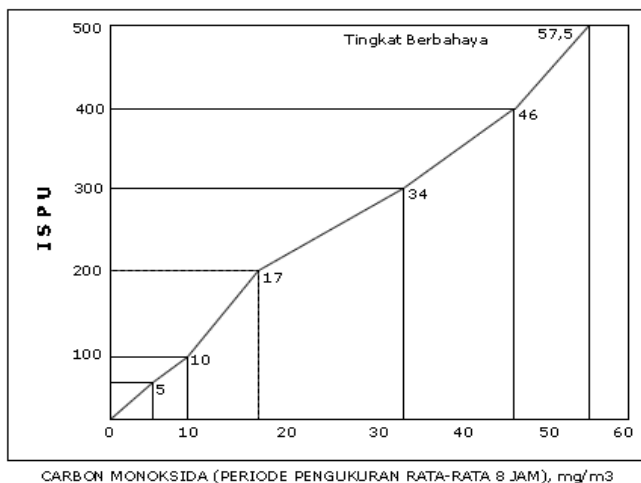
$X_x$  = Kadar ambien nyata hasil pengukuran

$I_a$  = ISPU batas atas

$I_b$  = ISPU batas bawah

$X_a$  = Ambien batas atas

$X_b$  = Ambien batas bawah



Sumber: <http://iku.menlhk.go.id/aqms/uploads/docs/ispu.pdf>

**Gambar 7.** Grafik batas indeks standar pencemar udara dalam satuan matriks

Tabel 5. Perhitungan konversi kadar CO dari satuan  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ke ISPU pada pengukuran kualitas udara ambien di SMPIT Insan Harapan.

No	Pengambilan Data	Kadar CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ISPU
1	Kualitas Udara di SMPIT Insan Harapan	3376.7	33.77
		3444.2	34.44
		3466.8	34.67
		3489.3	34.89
		3466.8	34.67
		3523.0	35.23
		3523.0	35.23
		3478.0	34.78
		3500.5	35.01
		3478.0	34.78
	3489.3	34.89	
	3511.8	35.12	
	3511.8	35.12	
	3511.8	35.12	
	3556.8	35.57	
	3590.6	35.91	
	3556.8	35.57	
	3556.8	35.57	
	3556.8	35.57	
	3534.3	35.34	
3534.3	35.34		
3534.3	35.34		
3534.3	35.34		
3534.3	35.34		

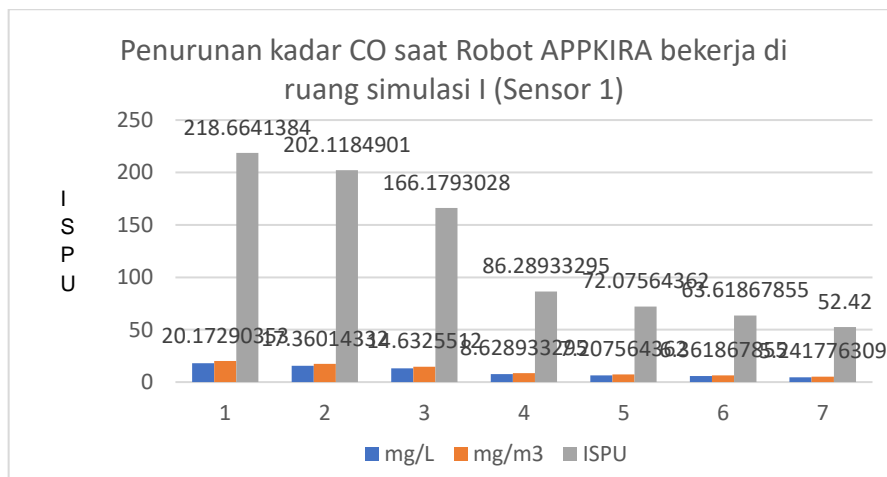


Dari hasil perhitungan ISPU, diketahui kualitas udara SMPIT Insan Harapan berada pada kategori baik, dengan nilai ISPU 35,11 yaitu pada kisaran 0 – 50 (hijau).

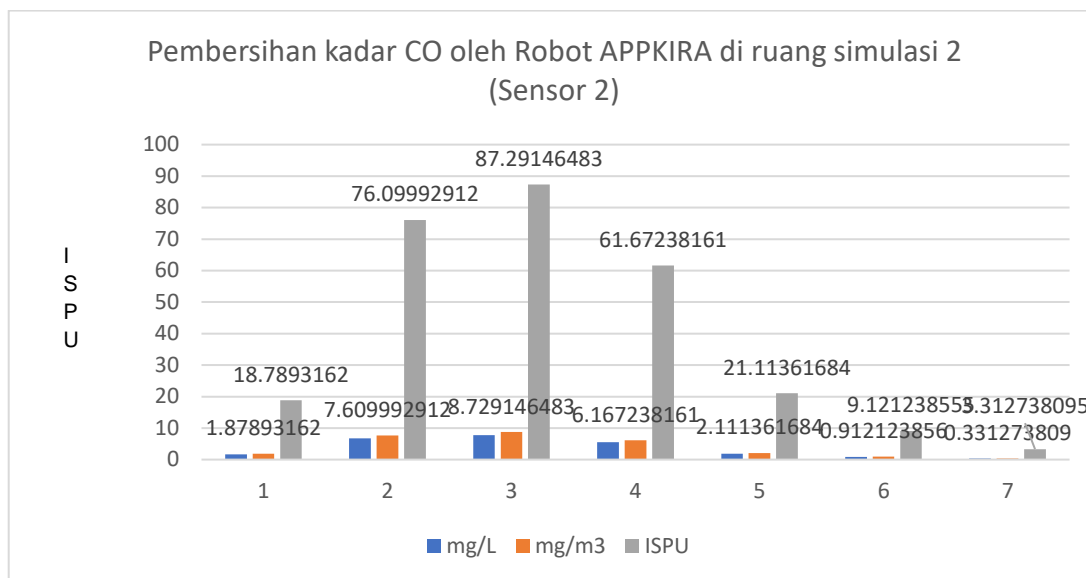
**Tabel 6.** Perhitungan konversi kadar CO dari satuan  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ke ISPU pada uji robot APPKIRA

No	Pengambilan Data	Kadar CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ISPU
2	Sensor 1 (Input)	938.4	9.38
		6252.1	62.52
		13380.7	148.30
		20172.9	218.66
		17360.1	202.12
		14632.6	166.18
		8628.9	86.29
		7207.6	72.08
	Sensor 2 (Output)	6361.9	63.62
		46.1	0.46
		757.7	7.58
		1878.9	18.79
		7610.0	76.10
		8729.1	87.29
		6167.2	61.67
		2111.4	21.11
912.1	9.12		
		331.3	3.31

Berikut grafik gabungan kualitas udara awal, kualitas udara setelah dilakukan simulasi polusi udara dengan knalpot motor dan setelah robot APPKIRA bekerja membersihkan polusi udara.



**Gambar 8.** Grafik pengukuran kualitas udara ambien menggunakan sensor MQ7 dan simulasi pembersihan udara yang tercemar oleh karbonmonoksida dari knalpot motor di ruang simulasi 1.



**Gambar 9.** Grafik pengukuran kualitas udara ambien menggunakan sensor MQ7 dan simulasi pembersihan udara yang tercemar oleh karbonmonoksida dari knalpot motor di ruang simulasi 2.

Grafik tersebut menunjukkan bahwa robot APPKIRA dapat bekerja membersihkan udara yang terpolusi oleh knalpot motor dengan menurunnya kadar karbonmonoksida di udara. Sedangkan simulasi polusi udara menggunakan asap knalpot motor yang terperangkap dalam wadah plastik tertutup, kadar karbonmonoksida tertinggi yang terukur adalah sebesar 17,9224 mg/L dan bila dikonversi ke satuan SI adalah sebesar 20.172  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dan bila dihitung berdasarkan ISPU diketahui polusi yang disebabkan asap dari knalpot motor mempunyai nilai ISPU sebesar 219, yang berarti berada pada kisaran kategori ISPU pada 200- 299 dengan kategori sangat tidak sehat (merah), dan robot APPKIRA mampu membersihkan polusi karbonmonoksida menjadi 331,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan nilai ISPU sebesar 3,31 dengan kategori baik (hijau).

## KESIMPULAN

Hasil perakitan robot APPKIRA diketahui bahwa sensor DHT-11 dan MQ7 pada robot APPKIRA dapat bekerja dengan baik yang dibuktikan dengan terdeteksinya suhu dan kadar karbonmonoksida di udara. Robot APPKIRA dapat membersihkan kualitas udara pada saat udara sekitar polusi. Kemudian Robot APPKIRA akan bekerja apabila sensor mendeteksi polutan, lalu kipas menyedot polutan untuk proses penyaringan udara, kemudian kipas output menyedot udara yang setelah di saring keluar. Hasil pengukuran kualitas udara ambien di SMPIT Insan Harapan, kadar karbonmonoksida rata-rata adalah sebesar 3119  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  masih berada di bawah baku mutu ambien (30.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Berdasarkan perhitungan indeks standar pencemar udara diketahui kualitas udara SMPIT Insan Harapan berada pada kategori baik (hijau), dengan nilai ISPU 35,11 yaitu pada kisaran 0 - 50. Sedangkan simulasi polusi udara karbonmonoksida menggunakan knalpot motor dalam wadah tertutup, karbonmonoksida yang



terukur. Hasil pengukuran kualitas udara ambien di SMPIT Insan Harapan, kadar karbonmonoksida rata rata adalah sebesar 3119  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  masih berada di bawah baku mutu ambien (30.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), hal tersebut menunjukkan bahwa di lokasi tempat penelitian termasuk dalam kategori aman dari bahaya pencemaran udara.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abner, T. 2008. Dampak Debu Transportasi Kepada Masyarakat. Jakarta: FKUI.
- Kurniawan, A., 2017, Pengukuran Parameter Kualitas Udara CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> Dan PM<sub>10</sub> di Bukit Kototabang Berbasis Ispu, Volume 7 No. 1, 22 Desember 2017 Halaman 1-82  
[https://ppid.menlhk.go.id/Siaran\\_Pers/Browse/1831](https://ppid.menlhk.go.id/Siaran_Pers/Browse/1831), Klhk: Indeks Kualitas Udara Kota Jakarta Tidak Buruk, Nomor: Sp. 101/Humas/Pp/Hms.3/3/2019, Diakses Tanggal 14 Januari 2020
- <https://www.bnph.go.id/Luas-Lahan-Terbakar-Seluruh-Indonesia-Capai-857-Ribu-Ha>, Luas Lahan Terbakar Seluruh Indonesia Capai 857 Ribu Ha, Diakses Tanggal 14 Januari 2020
- <https://www.solarcellsurya.com/manfaat-panel-surya/> Manfaat Panel Surya serta Keunggulan dan Kelemahannya, Diakses tanggal 17 Maret 2020
- Paerunan, J., 2017, Analisis Kualitas Udara Pada Kawasan Terminal Daya Di Kota Makassar, Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar
- Rumselly, K. U., 2016, Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kualitas Udara Ambien Di Kota Ambon, Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 8, No. 2: 158–163
- Kondo, Y., dan Muhammad Arsyad, 2018, Analisis kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa serat sabut kelapa akibat Perlakuan Alkali, INTEK Jurnal Penelitian, Vol 5(2): 94-97.
- <https://ahrul180.wordpress.com/artikel-elektro/dasar-perakitan-robot/>, Dasar Perakitan Robot, Diakses Tanggal 3 Oktober 2020