

**LOMBA KARYA TULIS ILMIAH NASIONAL**

**AUTOMATION WEEK 6 2023**

**Teknologi**



**Surabaya Smart Solutions for Sustainability  
(Revolutionizing Urban Living with IoT Innovation for Air  
Quality, Heat Mitigation, and Pollution Management)**

**Tim Pengusul :**

**M.NIKO NUR CAHYONO**

**DAVID NARISMA YUDHA**

**SMKN 1 NGLEGOK**

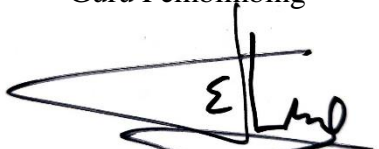
**KABUPATEN BLITAR PROVINSI JAWA TIMUR**

**TAHUN 2023**

## LEMBAR PENGESAHAN KARYA TULIS ILMIAH

1. Judul : Surabaya Smart Solutions for Sustainability  
(Revolutionizing, Urban Living With IoT  
Innovation for Air Quality Index, Heat Mitigation,  
and Pollution Management)
2. Ketua tim
  - a) Nama Lengkap : M.Niko Nur Cahyono
  - b) NISN : 0046878171
  - c) Alamat Sekolah : Jalan Penataran No.1 Nglegok Blitar
  - d) Alamat Rumah : Pojok Rt. 2 Rw. 2 Kec.Garum
  - e) No.telephone/HP : 0858-5973-4296
  - f) Email : mnikonurcahyono50@gmail.com
3. Anggota
  - a) Nama Lengkap : David Narisma Yudha
  - b) NISN : 0058932317
  - c) Alamat Sekolah : Jalan Penataran No.1 Nglegok Blitar
  - d) Alamat Rumah : Dsn karanganyar timur Rt/3 rw/14 ds.Modangan
  - e) No.telephone/HP : 0855-4610-9496
  - f) Email : davidnarismayudha08.9a@gmail.com
4. Guru Pembimbing
  - a) Nama Lengkap : Elga Aris Prastyo, S.Pd., S.E
  - b) NIP :
  - c) Alamat Sekolah : Jalan Penataran No.1 Nglegok Blitar
  - d) Alamat Rumah : Jalan Cisanggiri, No.16, Kota Blitar. 66115.
  - e) No.telephone/HP : 0857-1922-1993
  - f) Email : elgaarisprastyo@gmail.com

Mengetahui  
Guru Pembimbing

  
**Elga Aris Prastyo, S.Pd., S.E**  
NIP.

Blitar, 6 November 2023  
Ketua Tim

  
**M.Niko Nur Cahyono**  
NISN. 0046878171

Mengetahui  
Kepala Sekolah  
  
**Drs. Yulianto, M.Pd**  
NIP. 1964.715 199003 1 014

**LEMBAR PERYATAAN**  
**ORISINALITAS KARYA LOMBA**  
**KARYA TULIS ILMIAH NASIONAL**  
**“AUTOMATION WEEK 6”**

Yang Bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M.Niko Nur Cahyono  
Tempat / tanggal lahir : Blitar, 12 Januari 2004  
NISN : 0046878171  
Asal Sekolah : SMKN 1 Nglegok

Dengan ini saya sebagai Ketua Tim menyatakan sejujurnya bahwa karya tulis kami dengan judul: *Surabaya's Smart Solutions for Sustainability (Revolutionizing Urban Living with IoT Innovation for Air Quality, Heat Mitigation, and Pollution Management)* Yang diusulkan dalam pelaksanaan “Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional” pada event “AUTOMATION WEEK 6”, merupakan karya orisinal yang dibuat oleh penulis dan belum pernah dilombakan dan/atau pernah dilombakan tetapi belum mendapat juara/penghargaan di tingkat Regional/Nasional. Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima konsekuensi sesuai keputusan penyelenggara acara. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar benarnya.

Menyetujui,  
Guru pembimbing



**Elga Aris Prastyo, S.Pd., S.E**  
NIP.

Blitar, 6 November 2023  
Ketua Tim



**M.Niko Nur Cahyono**  
NISN. 0046878171

# **SURABAYA SMART SOLUTIONS FOR SUSTAINABILITY (REVOLUTIONIZING URBAN LIVING WITH IoT INNOVATION FOR AIR QUALITY, HEAT MITIGATION, AND POLLUTION MANAGEMENT)**

M. Niko Nur Cahyono<sup>1</sup> David Narisma Yudha<sup>2</sup>  
SMKN 1 Nglegok, Jalan Penataran No.1 Nglegok Blitar, Email :  
mnikonurcahyono50@gmail.com

## **ABSTRAK**

Surabaya, sebagai pusat perekonomian dan pemerintahan di Jawa Timur, menghadapi tantangan lingkungan hidup yang semakin mendesak, terutama dalam hal kualitas udara, urban heat island (UHI), dan tingkat polusi yang tinggi. Penelitian ini memperkenalkan Surabaya Smart Solutions for Sustainability (4S), sebuah solusi inovatif yang memanfaatkan Internet of Things (IoT) untuk mengatasi masalah tersebut. Fokus utama adalah pada pengembangan Sistem 4S 1.0 dan analisis data menggunakan Machine Learning dengan metode Regresi Linier pada 4S 2.0. Penelitian ini berhasil merancang, merakit, dan menguji perangkat keras Sistem 4S 1.0 dengan tingkat akurasi dan keandalan yang tinggi. Langkah-langkah keamanan, termasuk penggunaan protokol HTTPS, telah diterapkan untuk memastikan integritas dan kerahasiaan data. Data pengujian menunjukkan konsistensi nilai nol pada parameter Air Quality Index (AQI) dan fluktuasi suhu yang signifikan. Implementasi metode regresi linier pada 4S 2.0 memberikan rekomendasi kebijakan nyata, seperti kontrol polusi, program peningkatan kualitas udara, dan mitigasi panas. Hasil penelitian ini dapat menjadi landasan untuk kebijakan berkelanjutan di Surabaya guna meningkatkan kualitas hidup dan keberlanjutan lingkungan.

Kata kunci: Surabaya, IoT, 4S 1.0, 4S 2.0, kualitas udara, UHI, polusi, regresi linier.

## DAFTAR ISI

JUDUL PROPOSAL KARYA TULIS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN KARYA TULIS ILMIAH.....	ii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI.....	V
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan dan Manfaat yang Ingin Dicapai.....	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 <i>Internet Of Things (IoT)</i> .....	5
2.2 <i>Enhancing Air Quality</i> .....	5
2.3 <i>Heat Mitigating</i> .....	6
2.4 <i>Pollution Management</i> .....	7
2.5 <i>Machine Learning</i> dengan Metode Regresi Linier .....	8
2.6 Penelitian Terdahulu.....	9
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	10
3.1. Perancangan Sistem.....	10
3.1.1 <i>Road Map</i> Penelitian.....	10
3.1.2 <i>Research Flowchart</i> .....	11
3.1.3 Perancangan Perangkat dan Blok Diagram.....	13
3.1.4 <i>Schematics Diagram</i> .....	14
3.1.5 <i>View 3D PCB</i> .....	14
3.1.6 Rancangan <i>Prototype</i> .....	16
3.1.7 Desain UI/UX Website.....	16
3.2 Pengujian Sistem.....	17
BAB 4 PEMBAHASAN.....	18
4.1 Hasil Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Hardware 4S 1.0	19

4.2 Data Hasil Uji Coba.....	20
4.3 Analisis Data Menggunakan <i>Machine Learning</i> .....	22
BAB 5 KESIMPULAN.....	23
DAFTAR PUSTAKA.....	24
DAFTAR PUSTAKA GAMBAR.....	26
LAMPIRAN.....	27

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Data AQI di Wilayah Surabaya .....	1
Gambar 1.2. Peta Urban Heat Island di Wilayah Surabaya 2002.....	2
Gambar 1.3. Peta Urban Heat Island di Wilayah Surabaya 2014.....	2
Gambar 1.4. Peta Urban Heat Island di Wilayah Surabaya 2019.....	3
 Gambar 2.1. <i>Five layer IoT Architecture</i> .....	5
Gambar 2.2. <i>Air Quality Index Chart With Corresponding PM2.5 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></i>	6
Gambar 2.3 <i>Illustration Urban Heat Islands</i> .....	6
Gambar 2.4. Sumber Polusi dan Dampak Polusi Udara.....	7
 Gambar 3.1. <i>Road map</i> Penelitian.....	10
Gambar 3.2. <i>Research Flowchart</i> Bagian 1.....	12
Gambar 3.3. Blok Diagram.....	13
Gambar 3.4. <i>Schematics</i> Diagram .....	14
Gambar 3.5. 3D view <i>Top Layer</i> .....	15
Gambar 3.6. 3D view <i>Bottom Layer</i> .....	15
Gambar 3.7. <i>Desain Box 4S 1.0</i> .....	16
Gambar 3.8. <i>Design UI/UX Website 4S 1.0</i> .....	17
 Gambar 4.1. Tampilan alat Tampak Depan.....	19
Gambar 4.2. Tampilan Alat dari Berbagai Sisi.....	19
Gambar 4.3. Grafik Pengukuran AQI, Temperature, dan Polusi tanggal 10 November 2023 pukul 09.00 WIB – 15.00 WIB.....	21
Gambar 4.4. Hasil Analisis Data dari Google Colab Menggunakan Code Program Python.....	22

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1.1. Statistik Suhu Permukaan Wilayah Surabaya.....	3
-----------------------------------------------------------	---



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Surabaya, sebagai pusat perekonomian dan pemerintahan di Jawa Timur, menghadapi tantangan lingkungan hidup yang semakin mendesak. Pertumbuhan penduduk yang pesat, tingginya urbanisasi dan industrialisasi telah menciptakan permasalahan kualitas udara yang buruk serta lonjakan suhu dan tingkat polusi yang tinggi yang memerlukan solusi segera.

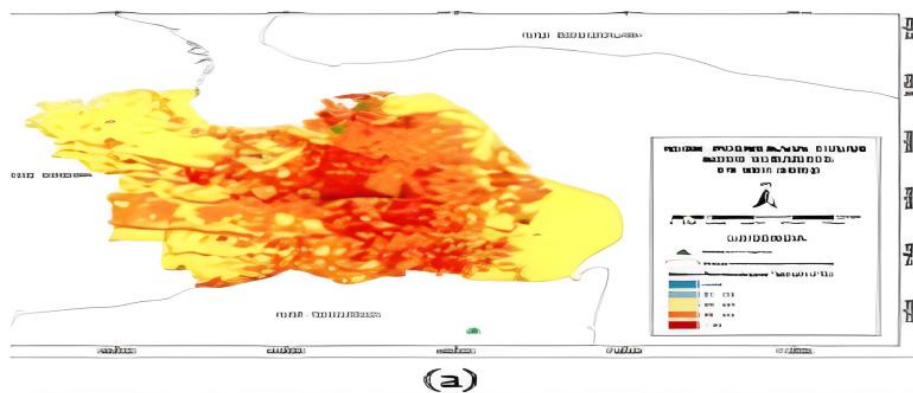
Surabaya mengalami masalah polusi udara yang signifikan, menurut Iqair (2023) kualitas udara (AQI) mencapai 160 pada 02 November 2023, suhu 27°C hingga 34°C. Kota ini menempati peringkat keempat dalam hal polusi udara di Indonesia, disebabkan oleh emisi kendaraan, pertumbuhan industri, dan pembangunan yang pesat. Dampaknya termasuk peningkatan penyakit pernapasan dan gangguan kesehatan, merugikan kualitas hidup penduduk.



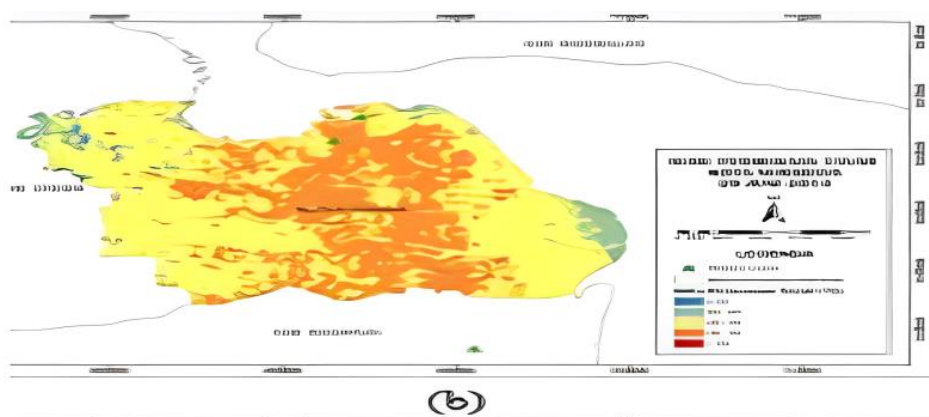
Gambar 1.1. Grafik Data AQI di Wilayah Surabaya (iqair, 2023)

Selain permasalahan polusi udara yang semakin meningkat, urbanisasi dan tingginya aktivitas manusia di wilayah Surabaya, membuat fenomena *urban heat island* (UHI) juga turut terjadi. UHI merupakan istilah yang mengacu pada suatu kondisi dimana suhu udara di perkotaan lebih tinggi dibandingkan di sekitar perdesaan.

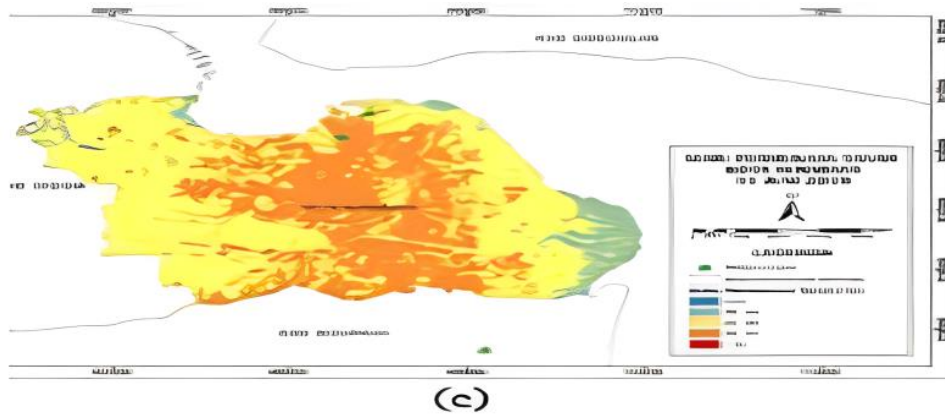
Berdasarkan data jurnal teknis ITS (Pratiwi & Jaelan, 2021), analisis *urban heat island* (UHI) kota Surabaya menggunakan citra Landsat 7 dan 8 pada tahun 2002, 2014 dan 2019. Menunjukkan bahwa rata-rata suhu permukaan kota Surabaya pada tahun 2002 adalah sekitar 29.094°C. Kemudian pada tahun 2014 adalah sekitar 26.889°C dan pada tanggal 11 Juni 2019 adalah sekitar 27.130°C. Untuk mengetahui dampak zona UHI, metode yang digunakan adalah metode *Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi\*)*. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa luas wilayah yang terkena dampak UHI mengalami penurunan dengan luas wilayah yang berkurang masing-masing sebesar 2.027 km<sup>2</sup> dan 31.168 km<sup>2</sup>. Wilayah yang terkena UHI cenderung berada di tengah atau pusat kota Surabaya. Fenomena UHI meningkatkan suhu di perkotaan dibandingkan di pedesaan sekitarnya sehingga menimbulkan ketidaknyamanan lingkungan.



Gambar 1.2. Peta *Urban Heat Island* di Wilayah Surabaya 2002 (Pratiwi & Jaelan, 2021)



Gambar 1.3. Peta *Urban Heat Island* di Wilayah Surabaya 2014 (Pratiwi & Jaelan, 2021)



Gambar 1.4. Peta *Urban Heat Island* di Wilayah Surabaya 2019 (Pratiwi & Jaelan, 2021)

Tabel 1.1. Statistik Suhu Permukaan Wilayah Surabaya 2002, 2014, 2019

Statistik Peta Suhu Permukaan Tanah				
Tanggal	Min.	Maks.	Rata-rata	Standar Deviasi
19 Mei 2002	13,774°C	36,996°C	29,094°C	2,431°C
29 Juni 2014	17,675°C	31,213°C	26,889°C	1,817°C
11 Juni 2019	21,142°C	31,913°C	27,130°C	1,712°C

Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan solusi inovatif, Surabaya *Smart Sustainability Solution* (4S) yang memanfaatkan IoT untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan di wilayah Surabaya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dengan latar belakang di atas, Surabaya *Smart Solutions for Sustainability* (*Revolutionizing Urban Living with IoT Innovation for Air Quality, Heat Mitigation, and Pollution Management*), akan dimulai dengan fokus pada 4S 1.0 dan 4S 2.0 memiliki susunan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Rancangan Hardware dari Sistem 4S 1.0 yang akan dibuat?
2. Bagaimana langkah penelitian yang akan digunakan untuk merealisasikan sistem 4S 1.0 tersebut?

3. Bagaimana langkah uji coba yang akan digunakan untuk memastikan sistem 4S 1.0 berfungsi dengan baik?
4. Bagaimana hasil dari uji coba alat yang sudah dibuat pada 4S 1.0 ?
5. Bagaimana cara Analisis Data menggunakan *Machine Learning* dengan metode Regresi Linier pada 4S 2.0 ?

### **1.3 Tujuan dan Manfaat yang ingin Dicapai**

Tujuan utama dari Surabaya *Smart Solutions for Sustainability (Revolutionizing Urban Living with IoT Innovation for Air Quality, Heat Mitigation, and Pollution Management)* adalah untuk mengembangkan solusi yang efektif dalam mengatasi masalah kualitas udara di Surabaya, yang membahayakan kesehatan dan menurunkan kualitas hidup penduduk surabaya. Berikut ini tujuan dan manfaatnya:

1. Mengembangkan perangkat keras yang efektif dan efisien untuk mengukur kualitas udara, suhu permukaan, dan tingkat polusi di wilayah Surabaya.
2. Menentukan metode penelitian yang tepat untuk mengimplementasikan Sistem 4S 1.0, termasuk pemilihan sensor, integrasi perangkat keras, dan pengembangan protokol komunikasi IoT.
3. Melakukan uji coba terkontrol untuk memastikan bahwa Sistem 4S 1.0 berfungsi dengan baik dalam pengumpulan data kualitas udara, mitigasi panas, dan manajemen polusi.
4. Menganalisis hasil uji coba alat untuk mengevaluasi kinerja Sistem 4S 1.0, termasuk ketepatan pengukuran, kehandalan, dan kemampuan untuk memberikan data yang akurat.
5. Mengimplementasikan model machine learning dengan menggunakan metode regresi linier untuk menganalisis data yang dikumpulkan oleh Sistem 4S 1.0 pada 4S 2.0.

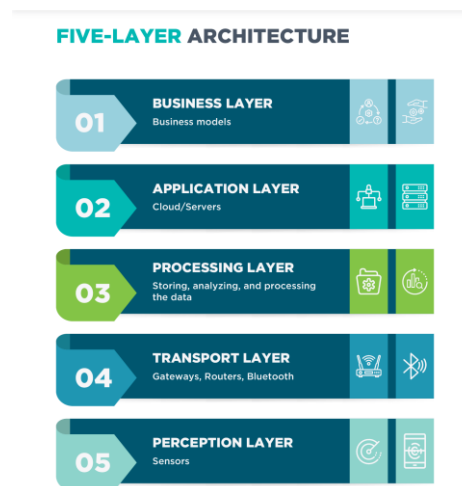
## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 *Internet Of Things (IoT)*

Menurut Efendi (2018) *Internet of Things (IoT)* adalah konsep yang memanfaatkan konektivitas internet untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik dengan sensor dan aktuator, memungkinkan pengumpulan data dan pengelolaan otomatis, sehingga mesin dapat berkolaborasi dan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara mandiri.

IoT bekerja melalui pemrograman yang memungkinkan mesin berinteraksi secara otomatis melalui jaringan internet, tanpa campur tangan manusia dan tanpa memandang jarak. Manusia berperan sebagai pengatur dan pengawas, sementara penghubung antar mesin adalah internet. Arsitektur IoT secara umum terdiri dari 5 lapisan.









Gambar 2.1. *Five layer IoT Architecture* (Itsekson, 2022)

#### 2.2 *Enhancing Air Quality*

*Enhancing Air Quality* bertujuan meningkatkan kualitas udara secara keseluruhan dengan mengukur *Air Quality Index (AQI)*, yang berkisar dari 0 hingga lebih dari 300. Semakin tinggi AQI, semakin buruk kualitas udara dan risiko kesehatan meningkat. Nilai AQI menggambarkan polutan utama, termasuk ozon, PM10, PM2.5, karbon monoksida, sulfur dioksida, dan nitrogen dioksida (Nafas,

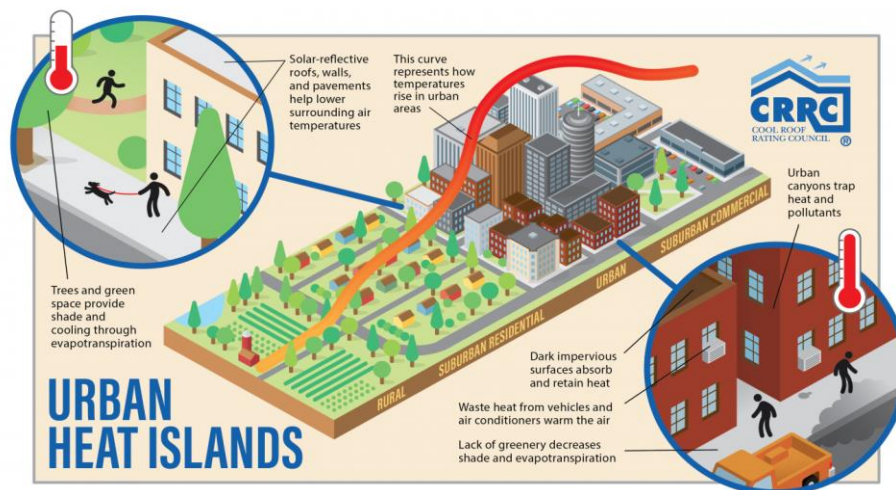
2023). Beberapa negara juga memasukkan visibilitas. Ada enam tingkatan skor AQI yang akan dijelaskan di bawah (Iqair, 2023).

	US AQI Level	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Health Recommendation (for 24 hour exposure)
	Good 0-50	0-12.0	Air quality is satisfactory and poses little or no risk.
	Moderate 51-100	12.1-35.4	Sensitive individuals should avoid outdoor activity as they may experience respiratory symptoms.
	Unhealthy for Sensitive Groups 101-150	35.5-55.4	General public and sensitive individuals in particular are at risk to experience irritation and respiratory problems.
	Unhealthy 151-200	55.5-150.4	Increased likelihood of adverse effects and aggravation to the heart and lungs among general public.
	Very Unhealthy 201-300	150.5-250.4	General public will be noticeably affected. Sensitive groups should restrict outdoor activities.
	Hazardous 301+	250.5+	General public at high risk of experiencing strong irritations and adverse health effects. Should avoid outdoor activities.

Gambar 2.2. *Air Quality Index Chart With Corresponding PM2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .* (Nafas, 2023)

### 2.3 Heat Mitigating

*Heat Mitigating* merupakan upaya untuk mengurangi kenaikan suhu global. Hal ini melibatkan strategi seperti mengganti atap dan trotoar yang memantulkan sinar matahari, mengubah warna permukaan yang awalnya hitam menjadi warna lain, dan menanam pohon di pinggir jalan untuk melawan panas berlebih di perkotaan. Efek UHI dimanifestasikan oleh perbedaan suhu udara antara kota dan pedesaan sekitarnya (Taleghani, Mohammad et al, 2019).

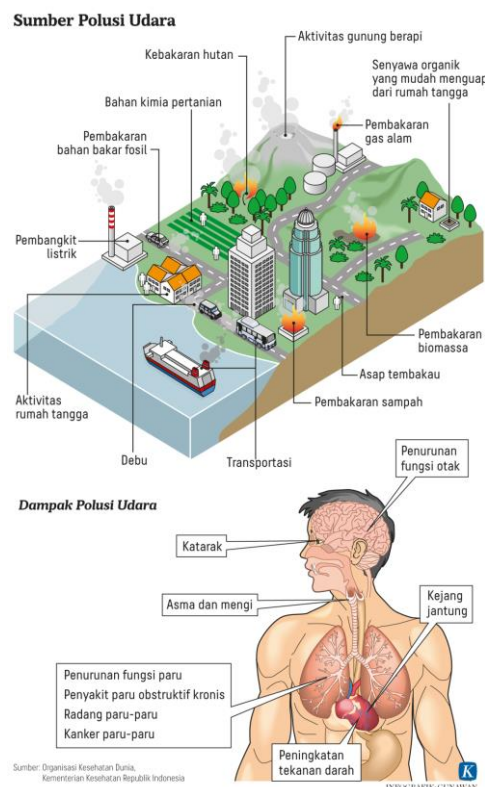


Gambar 2.3 *Illustration Urban Heat Islands* (Coolroofs, 2023)

UHI ini lebih kuat pada malam hari karena material buatan di perkotaan dapat menyerap dan melepaskan panas setelah matahari terbenam. Hal ini terkait dengan sifat fisik permukaan perkotaan, dimana material seperti beton dan aspal memiliki albedo (menyerap radiasi matahari) yang rendah dan kapasitas panas yang tinggi. Perubahan ini mengurangi panas laten dan meningkatkan panas sensibel, sehingga berkontribusi terhadap UHI.

## 2.4 *Pollution Management*

*Pollution Management* Strategi pengendalian pencemaran polusi (Epa, 2015) adalah serangkaian langkah yang bertujuan untuk mengurangi polusi udara dan memenuhi standar kualitas udara. Polusi berasal dari berbagai sumber, seperti asap knalpot, emisi kendaraan, pabrik, dan aktivitas manusia. Polutan udara ini dapat mempengaruhi kualitas dan kesehatan manusia di berbagai wilayah geografis.



Gambar 2.4. Sumber Polusi dan Dampak Polusi Udara (Wahyudi, 2023)

Untuk meningkatkan kualitas udara, strategi pengendalian harus mencakup tindakan di tingkat lokal, regional, dan nasional. Peraturan pemerintah pusat melampaui batas wilayah dan persaingan ekonomi. Strategi pengendalian kualitas udara melibatkan beberapa aspek lingkungan, teknis dan ekonomi, dengan mempertimbangkan kondisi atmosfer, karakteristik polutan serta faktor ekonomi. Langkah-langkah dalam mengembangkan strategi pengendalian polusi udara adalah identifikasi sumber polusi, pengembangan rencana pengendalian, keterlibatan masyarakat, serta program kepatuhan dan penegakan hukum. Dengan pendekatan ini, strategi pengendalian polusi udara dapat mengatasi masalah polusi udara yang lebih efektif.

## **2.5 *Machine Learning* dengan Metode Regresi Linier**

*Machine Learning* dengan metode Regresi Linier Adalah Salah satu metode dalam data science yang memodelkan hubungan antara variabel independen dan dependen. Ini memungkinkan prediksi nilai variabel dependen berdasarkan variabel independen, berguna dalam memprediksi nilai kontinu seperti harga saham, suhu, atau penjualan produk berdasarkan data historis. Metode regresi linier salah satu teknik *machine learning* yang digunakan untuk memprediksi nilai variabel target berdasarkan nilai dari beberapa variabel input atau fitur dengan menggunakan model matematis (Ivosights, 2023).

Metode regresi linier ini digunakan untuk mengambil keputusan berdasarkan data AQI, UHI dan polusi yang telah dikumpulkan. Keputusan yang diambil menggunakan *machine learning* dengan metode regresi linier yang akan digunakan untuk mengatasi polusi udara di wilayah Surabaya. Pada metode ini digunakan untuk menentukan pengambilan keputusan dari data AQI, UHI dan polusi dimana nantinya keputusan yang diambil oleh *machine learning* dengan metode regresi linier akan digunakan untuk membantu pemerintah atau dinas terkait dalam menangani polusi udara di wilayah surabaya.



## 2.6 Penelitian Terdahulu

Menurut Budiono (2010) indeks kualitas udara, polusi udara di perkotaan semakin meningkat akibat kendaraan dan aktivitas industri. Tingkat pencemaran udara ini dapat diukur dengan menggunakan indeks kualitas udara yang mencakup berbagai parameter, seperti SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, dan CO. Indeks ini memberikan tingkat kualitas udara sehingga masyarakat mudah memahami informasi kualitas udara.

Dalam penelitian oleh Surya Atmaja (2010) *Urban heat island* (UHI) mencerminkan perbedaan suhu antara wilayah perkotaan dan lingkungan sekitarnya, yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik antara desa dan kota. Dalam studi ini, citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan sensor termal inframerah pada pita 10 dan 11, serta pita 4 dan 5, digunakan untuk menghitung perkiraan emisivitas permukaan. Pada penelitian juga dilakukan analisis regresi linier sederhana untuk memahami hubungan antara luas wilayah hitung dengan intensitas UHI, yang bertujuan untuk memprediksi pengaruh luas wilayah hitung terhadap UHI. Uji hipotesis juga dilakukan dalam penelitian yang digunakan untuk mengevaluasi apakah luas perhitungan berpengaruh signifikan terhadap intensitas UHI.

Dalam penelitian oleh Iken (2021) Polusi Udara Indonesia dan Dampaknya Terhadap Usia Harapan Hidup Rata-rata orang Indonesia diperkirakan dapat kehilangan 2,5 tahun dari usia harapan hidupnya akibat polusi udara saat ini menurut *Air Quality Life Index* (AQLI), karena kualitas udara tidak memenuhi ambang aman sesuai pedoman Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) untuk konsentrasi partikel halus (PM<sub>2.5</sub>).

Penelitian "Surabaya *Smart Solutions for Sustainability*" berbeda karena mengadopsi pendekatan terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) untuk memantau AQI, UHI, dan polusi udara secara online. Tujuannya adalah memberikan solusi berkelanjutan terhadap polusi udara di Surabaya, menitikberatkan pada efektivitas jangka panjang dengan komitmen yang kuat. Dengan fokus pada IoT dan solusi berkelanjutan, penelitian ini mencerminkan inovasi penting dalam penanganan polusi udara, menuju lingkungan perkotaan yang lebih bersih dan berkelanjutan di Surabaya.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Perancangan Sistem

##### 3.1.1 Road Map Penelitian

*Road map* penelitian adalah rencana atau panduan yang kami gunakan untuk mengatur langkah-langkah dalam melakukan penelitian yang dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu 4S 1.0, 4S 2.0, 4S 3.0, dan 4S 4.0. Sehingga kegiatan penelitian ini bersifat berkelanjutan dan tidak berhenti dalam satu proses saja.



Gambar 3.1. Road map Penelitian

##### a) 4S 1.0

Pada tahap ini akan dibuat alat pengukuran berbasis IoT untuk mengukur indeks kualitas udara (AQI), *urban heat island* (UHI) dan tingkat polusi. Langkah-langkah utama meliputi desain diagram blok, diagram sirkuit, desain PCB, pembuatan database untuk menyimpan data, pengembangan kode program (C++, PHP, JavaScript), dan melakukan pengujian serta pengukuran polusi udara.

##### b) 4S 2.0

Pada tahap ini, akan menganalisis data dari 4S 1.0 yang disimpan dalam database untuk mengambil keputusan yang menggunakan teknologi *machine Learning* dengan regresi linier yang hasilnya akan digunakan untuk mencari solusi polusi udara di Surabaya.

c) 4S 3.0

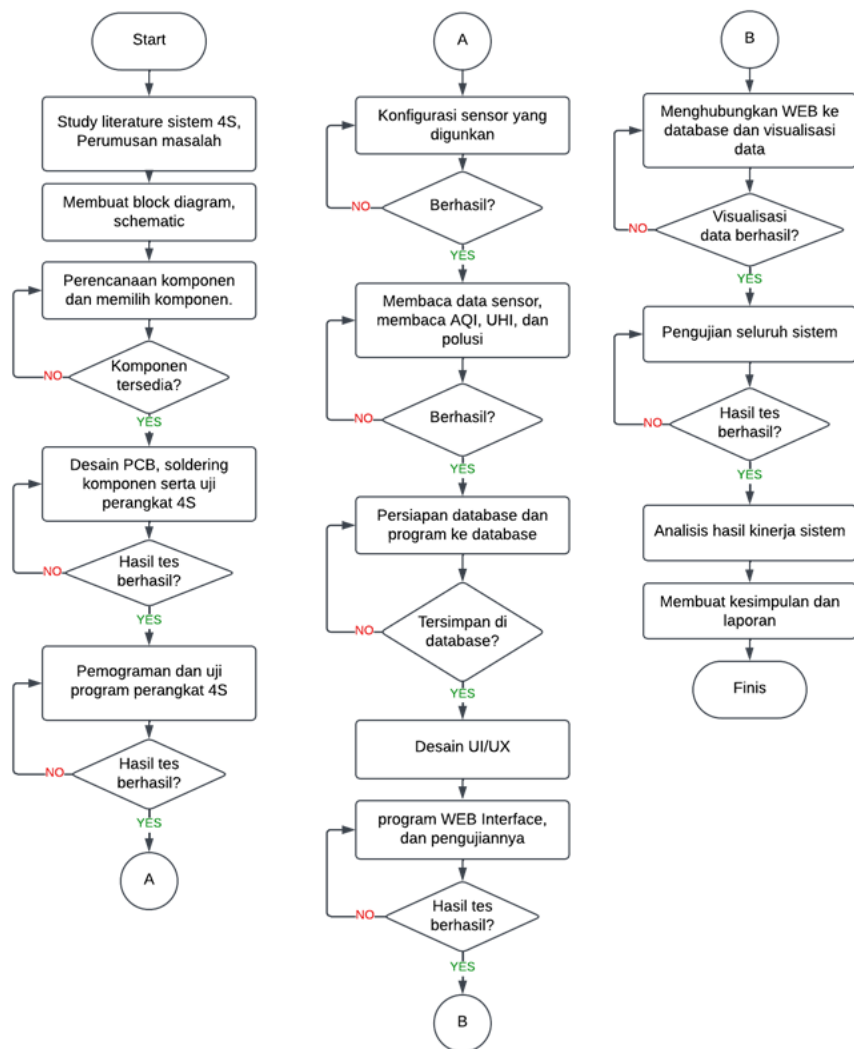
Pada tahap ini akan fokus pada langkah pengembangan solusi yang berkolaborasi dengan pakar terkemuka di bidangnya untuk menghasilkan desain detail yang lebih efektif untuk mengatasi masalah polusi udara di Surabaya.

d) 4S 4.0

Pada tahap ini akan menerapkan solusi yang nyata untuk mengurangi polusi dan UHI di Surabaya, salah satunya dengan mengubah desain trotoar dan atap bangunan dengan mengubah warna bangunan menjadi lebih cerah. Menurut NASA, perubahan tersebut dapat membantu menurunkan suhu udara jika diterapkan dalam skala besar dan dalam jangka waktu yang lama.

### **3.1.2 Research Flowchart 4S 1.0**

Pada penelitian di tahap 4S 1.0 ini akan dimulai dari mencari literatur untuk membangun argumen pada perumusan masalah polusi udara di Surabaya. Lalu akan dilakukan analisis terhadap kebutuhan dari sistem yang akan dibangun. Sehingga dengan jelas bagaimana desain dari sistem tersebut akan bekerja. Setelah itu membuat perencanaan yang jelas tentang bagaimana sistem IoT tersebut akan dibuat dan bagaimana sistem IoT tersebut diteliti.



Gambar 3.2. *Research Flowchart*

Dalam *flowchart* proses tersebut, tahap pertama yang akan dilakukan adalah mencari literature, merumuskan masalah yang akan dipecahkan, membuat blok diagram dimulai dengan menentukan *input*, *mikrokontroller*, dan *output*, lalu dilanjutkan dengan membuat skematik, PCB rangkaian IoT 4S 1.0, selanjutnya melakukan tes uji alat guna mengidentifikasi dan memperbaiki potensi disfungsi yang tidak diinginkan.

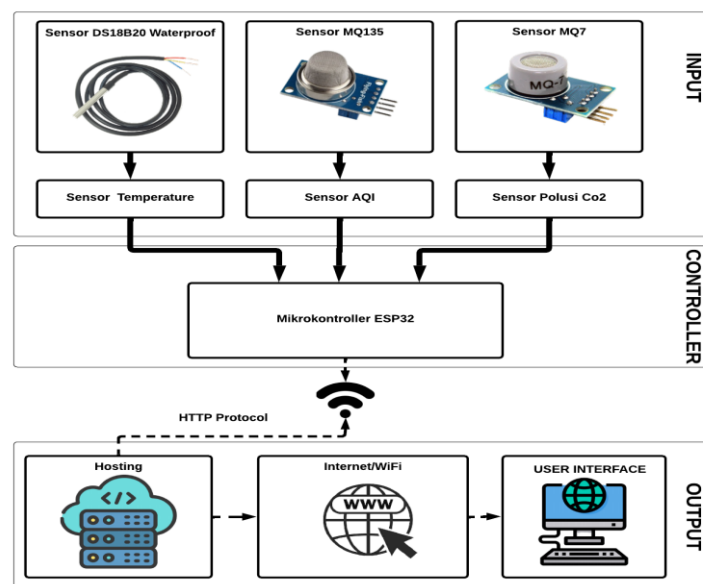
Tahap selanjutnya adalah konfigurasi *Mikrokontroller* untuk membaca sensor dan melakukan pengujian apakah rangkaian IoT sudah dapat bekerja dengan akurat. Jika sudah, *preparing* dan *programming* untuk melakukan proses *store* data ke *database* menggunakan protokol HTTP.

Dengan menggunakan *Security system* SSL agar aman dari serangan *Cyber*. Setelah itu membuat UI/UX Design serta melakukan *programming* untuk merealisasikan *Web Interface* dan melakukan pengujian sistem *Web Interface*.

Berikutnya adalah melakukan koneksi antara database dengan *web interface* agar data yang sudah tersimpan pada di *database* dapat ditampilkan. Lalu dilakukan pengujian secara keseluruhan sistem dan juga pengumpulan data untuk penelitian selanjutnya.

### 3.1.3 Perancangan Perangkat dan Blok Diagram 4S 1.0

Kami menggunakan *mikrokontroller* ESP32 untuk mengambil data dari sensor polusi udara dan mentransmisikannya secara online melalui protokol HTTP ke sebuah *database*, memungkinkan pemantauan polusi udara secara *real-time* dan analisis jangka panjang yang berharga dalam pengendalian polusi udara di lingkungan.



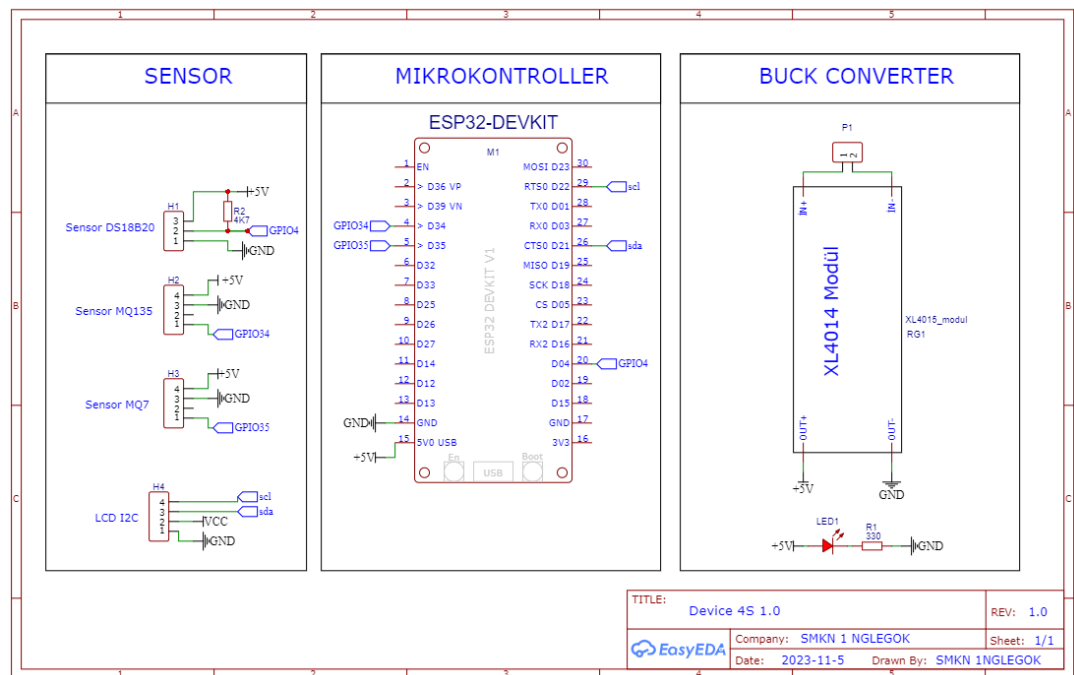
Gambar 3.3. Blok Diagram

Blok diagram ini menggambarkan *mikrokontroller* ESP32 dengan tiga modul sensor: DS18B20 (untuk suhu), MQ135 (untuk AQI), dan MQ7 (untuk CO2). ESP32 membaca data dari ketiga sensor tersebut, kemudian

mengirimnya ke *database* melalui protokol HTTP secara online. Data ini akan ditampilkan pada antarmuka pengguna yang telah dibuat.

### 3.1.4 Schematics Diagram 4S 1.0

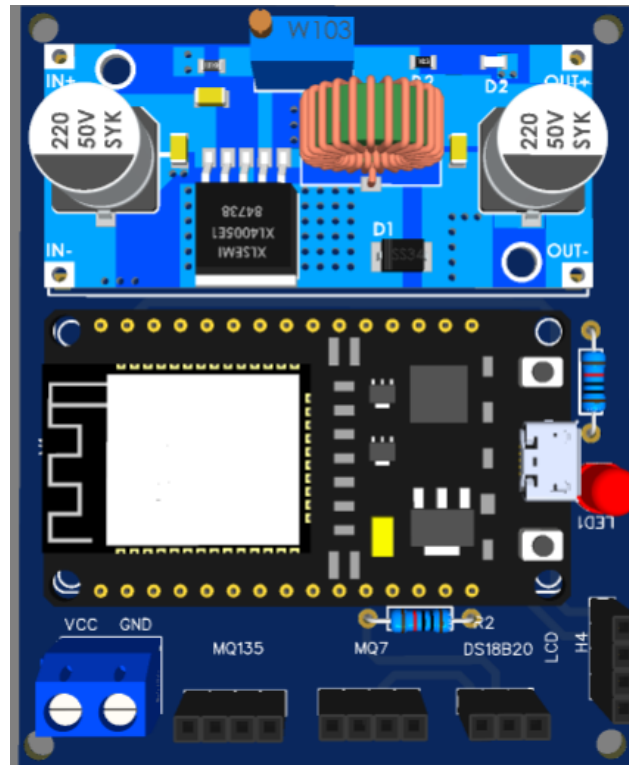
*Schematic* diagram sistem IoT 4S 1.0 kami mencakup komponen utama: sensor MQ135 (AQI), sensor MQ7 (polusi udara), DS18B20 (suhu), mikrokontroler ESP32, dan modul step-down XL4015 untuk penurunan tegangan. Semua komponen ini diintegrasikan dengan baik dalam pembuatan proses ini untuk memudahkan pemahaman tentang keseluruhan sistem.



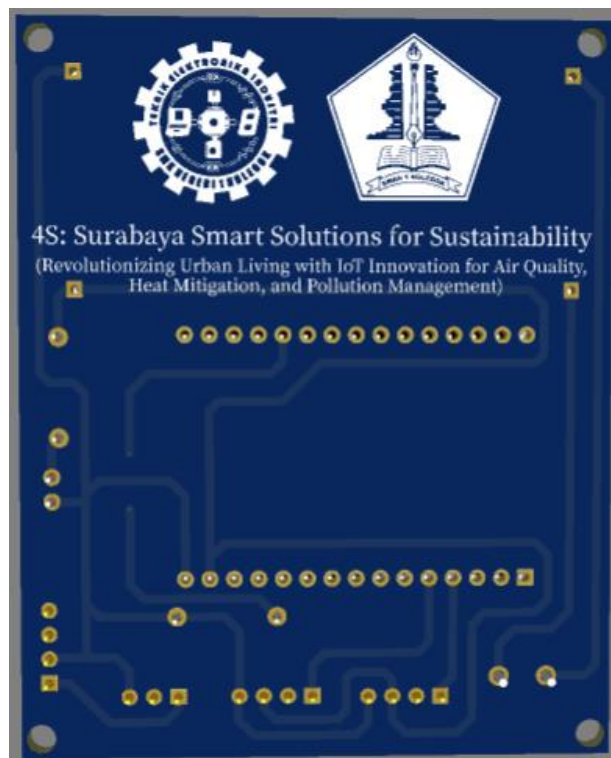
Gambar 3.4. Schematics Diagram 4S 1.0

### 3.1.5 View 3D PCB

Ini adalah tampilan 3D PCB *hardware* untuk sistem IoT 4S 1.0, termasuk lapisan atas (*top layer*) dan bawah (*bottom layer*) PCB yang memungkinkan inspeksi visual yang lebih baik.



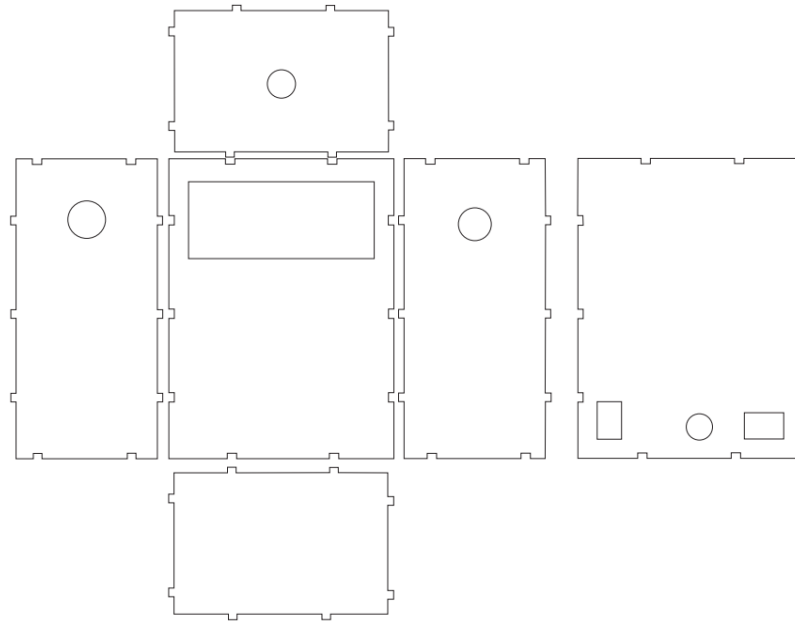
Gambar 3.5 3D view Top Layer



Gambar 3.6 3D view Bottom Layer

### 3.1.6 Rancangan *Prototype* 4S 1.0

Berikut ini adalah *prototyping* desain akrilik dari alat 4S 1.0 yang telah kami buat.



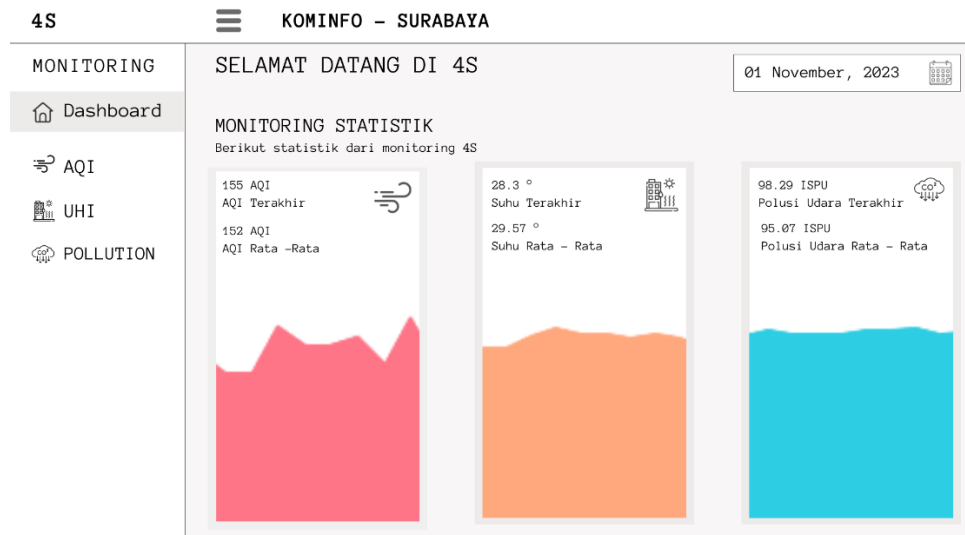
Gambar 3.7 *Design Box* 4S 1.0

Pada desain *box* akrilik nanti akan diisi dengan perangkat keras 4S 1.0 yaitu power supply, ESP32 Dev Module, buck converter LM2596, sensor MQ135, MQ7, dan sensor suhu DS18B20 yang akan keluar dari bagian atas *box*.

### 3.1.7 *Design UI/UX Website* 4S 1.0

Berikut adalah desain UI untuk IoT 4S 1.0 dengan *dashboard* elegan dan informatif. Menampilkan data terakhir dan rata-rata suhu, AQI, dan tingkat polusi udara secara menarik.





Gambar 3.8 *Design UI/UX Website 4S 1.0*

### 3.2 Pengujian Sistem

#### a) Verifikasi Sensor dan Koneksi Hardware

Mengonfirmasi keakuratan dan keandalan sensor yang digunakan untuk mengukur AQI, UHI, dan polusi. Selain itu juga memastikan koneksi perangkat keras (sensor) dengan sistem IoT berjalan dengan baik.

#### b) Pengujian Pengumpulan Data Melalui Protokol HTTP

Melakukan pengujian untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan oleh sensor berhasil dikirimkan ke server menggunakan protokol HTTP. Verifikasi keberhasilan penyimpanan data ke dalam database, memastikan integritas dan keakuratan data yang terkumpul.

#### c) Pengujian Keamanan dengan Protokol HTTPS

Menguji sistem terhadap potensi ancaman keamanan data, seperti enkripsi data yang dikirimkan dan disimpan, serta perlindungan terhadap akses yang tidak sah.

#### d) Pengujian Tampilan Data pada Antarmuka Website

Memastikan antarmuka website menampilkan data dengan benar, mudah dipahami, dan memberikan informasi yang relevan kepada pengguna. Kemudian verifikasi responsivitas antarmuka terhadap perangkat yang berbeda.

e) Simulasi Pemantauan Data secara Real-Time

Melakukan simulasi pemantauan data secara real-time untuk memastikan sistem dapat memberikan informasi yang aktual dan tepat waktu.

f) Pengujian Fungsional Keseluruhan

Mengintegrasikan semua komponen sistem dan melakukan pengujian fungsional keseluruhan untuk memastikan bahwa Sistem 4S 1.0 beroperasi sesuai dengan spesifikasi desain.

g) Analisis Data

Mengimplementasikan model machine learning dengan menggunakan metode regresi linier untuk menganalisis data yang dikumpulkan oleh Sistem 4S 1.0.

## BAB 4

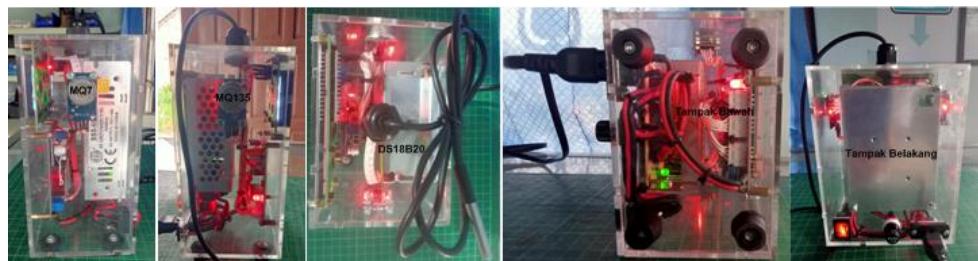
### PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil dari penelitian 4S 1.0 dan menjabarkan hasil penerapan 4S 2.0 yaitu model machine learning dengan menggunakan metode regresi linier untuk menganalisis data yang dikumpulkan oleh Sistem 4S 1.0.

#### 4.1. Hasil Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Hardware 4S 1.0



Gambar 4.1. Tampilan alat Tampak Depan



Gambar 4.2. Tampilan Alat dari Berbagai Sisi

Pengujian dilaksanakan pada tanggal 10 November 2023 pukul 09.00 WIB – 15.00 WIB. Pada tahap Verifikasi Sensor dan Koneksi Hardware, hasil uji coba menunjukkan bahwa sensor yang digunakan untuk mengukur AQI, UHI, dan polusi beroperasi dengan tingkat akurasi dan keandalan yang tinggi.

Sensor tersebut memberikan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan saat digunakan dalam kondisi lingkungan yang bervariasi. Selain itu, koneksi perangkat keras (sensor) dengan sistem Internet of Things (IoT) berjalan lancar, memastikan transmisi data yang efisien dan tanpa hambatan antara sensor dan server.

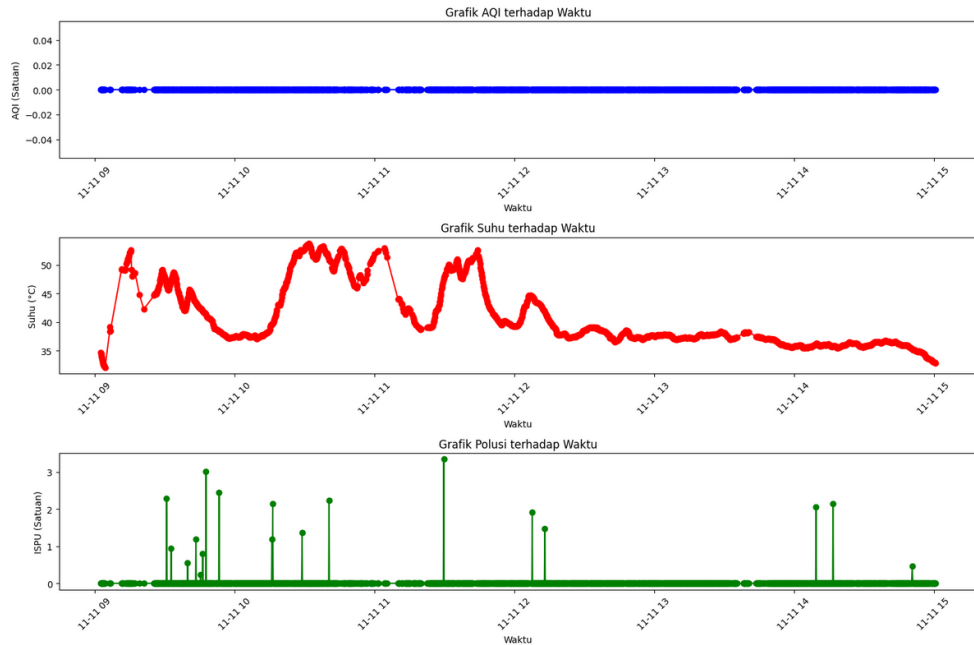
Dalam konteks Pengujian Pengumpulan Data Melalui Protokol HTTP, hasil uji coba menunjukkan pencapaian keberhasilan dalam pengiriman data dari sensor ke server menggunakan protokol HTTP. Data yang dihasilkan oleh sensor berhasil terintegrasi ke dalam database, dan proses penyimpanan data terverifikasi sebagai langkah yang kritis dalam menjaga integritas dan akurasi informasi. Kesuksesan dalam pengumpulan data melalui protokol HTTP menjadi dasar utama untuk memastikan bahwa Sistem 4S 1.0 mampu menghasilkan data yang dapat diandalkan untuk analisis lebih lanjut.

Sementara itu, pada tahap Pengujian Keamanan dengan Protokol HTTPS, langkah-langkah keamanan yang diterapkan, termasuk penggunaan protokol HTTPS, memastikan bahwa laman atau antarmuka website hanya dapat diakses secara aman. Hal ini membantu melindungi integritas dan kerahasiaan data yang dikirimkan dan diterima antara server dan klien atau pengguna. Keberhasilan dalam pengujian keamanan ini menegaskan bahwa Sistem 4S 1.0 menjaga standar keamanan tinggi, memberikan keyakinan bahwa data lingkungan yang dikumpulkan dan disajikan melalui antarmuka website dapat diakses dengan keamanan yang optimal.

Berdasarkan hasil perancangan, perakitan, pembuatan, dan pengujian alat secara fungsi semua berjalan dengan baik. Monitoring dapat diakses pada laman <https://smartcity-sby.tech>. Data yang tertampil pada laman monitoring website tersebut juga didapatkan secara Real-Time.

#### **4.2. Data Hasil Uji Coba**

Data pengujian yang dilaksanakan pada tanggal 10 November 2023 pukul 09.00 WIB – 15.00 WIB tersebut disimpan pada database. Kemudian oleh peneliti di konversi dalam format dan grafik menggunakan Code Program Python (Lampiran 1) seperti tertampil pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3. Grafik Pengukuran AQI, Temperature, dan Polusi tanggal 10 November 2023 pukul 09.00 WIB – 15.00 WIB

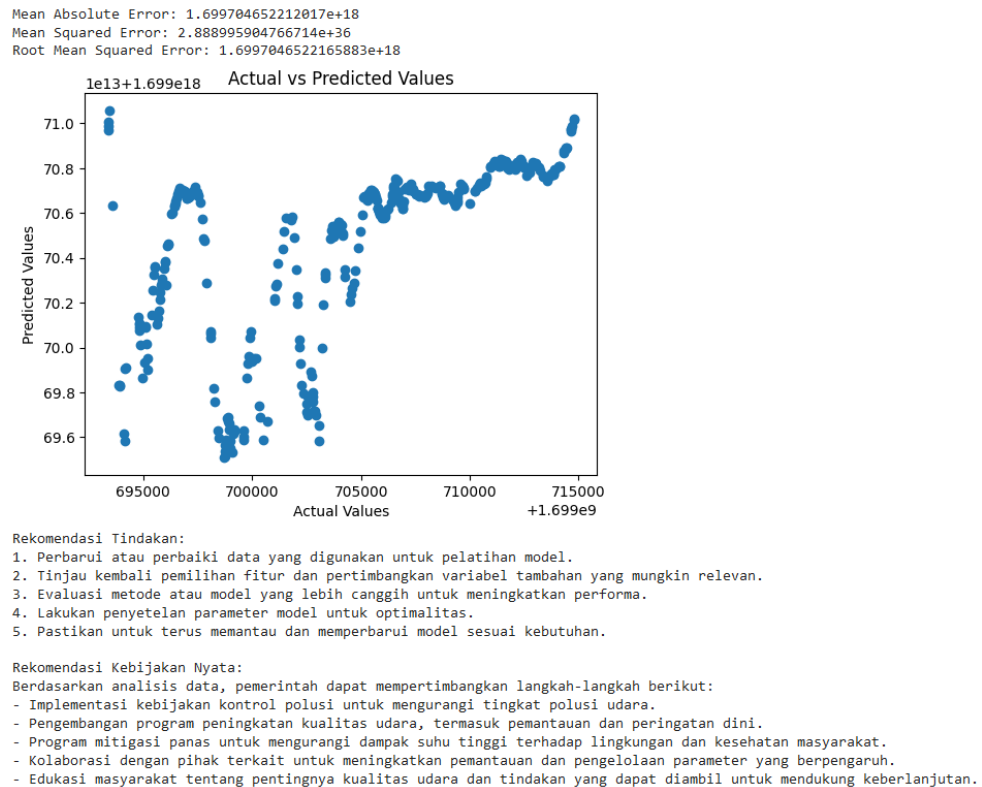
Analisis deskriptif menyoroti beberapa aspek utama dalam data tersebut. Pada parameter Air Quality Index (AQI), semua nilai AQI memiliki angka nol, menunjukkan konsistensi nilai tersebut di seluruh pengamatan. Standar deviasi yang nol menegaskan bahwa tidak ada variasi atau perubahan dalam nilai AQI, mengindikasikan kemungkinan homogenitas tingkat kualitas udara dalam setiap pengamatan.

Selanjutnya, dalam parameter suhu, rata-rata suhu sekitar 40.6 derajat Celsius, dengan variasi yang lebih rendah (standar deviasi 5.31). Rentang suhu antara 32.06 hingga 53.75 derajat Celsius mencerminkan fluktuasi yang signifikan. Pemahaman terhadap variasi suhu dapat memberikan wawasan tentang perubahan iklim atau pola cuaca yang mungkin terjadi selama periode pengamatan.

Selain itu, parameter polusi menunjukkan rata-rata polusi sekitar 0.016 dengan standar deviasi 0.185. Meskipun rata-rata rendah, nilai polusi tertinggi mencapai 3.34, yang dapat menunjukkan adanya episodik peningkatan polusi yang perlu diperhatikan. Analisis lebih lanjut ada pada Sub Bab 4.3.

### 4.3. Analisis Data Menggunakan *Machine Learning*

Analisis data menggunakan model *machine learning* dengan metode regresi linier yang dikumpulkan oleh Sistem 4S 1.0. Analisis ini menggunakan Code Program Python (lampiran 2), sehingga akan diperoleh rekomendasi keputusan dan solusi yang diambil oleh pemangku kebijakan dan para ahli untuk melaksanakan 4S 3.0. Berikut ini adalah hasilnya :



Gambar 4.4. Hasil Analisis Data dari Google Colab Menggunakan Code Program Python

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pembahasan penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan kunci yaitu Sistem 4S 1.0 berhasil meraih hasil positif dalam pengujian dan fungsionalitasnya. Sensor yang digunakan untuk mengukur AQI, UHI, dan polusi menunjukkan tingkat akurasi dan keandalan yang tinggi. Koneksi perangkat keras (sensor) dengan sistem Internet of Things (IoT) berjalan lancar, memastikan transmisi data yang efisien dan tanpa hambatan antara sensor dan server.

Implementasi langkah-langkah keamanan, termasuk penggunaan protokol HTTPS, memastikan bahwa laman atau antarmuka website hanya dapat diakses secara aman. Ini mendukung integritas dan kerahasiaan data yang dikirimkan dan diterima antara server dan klien atau pengguna.

Data pengujian memberikan gambaran tentang kondisi lingkungan Surabaya pada tanggal 10 November 2023. Parameter AQI menunjukkan konsistensi nilai nol, suhu mencerminkan fluktuasi yang signifikan, dan polusi cenderung rendah dengan beberapa nilai tertinggi yang perlu diperhatikan.

Hasil analisis data menggunakan metode regresi linier memberikan rekomendasi kebijakan nyata. Pemerintah dapat mempertimbangkan implementasi kebijakan kontrol polusi, program peningkatan kualitas udara, mitigasi panas, dan kolaborasi dengan pihak terkait. Edukasi masyarakat juga menjadi faktor penting dalam mendukung keberlanjutan.

Model machine learning dengan metode regresi linier (4S 2.0) memberikan landasan untuk rekomendasi kebijakan. Pemangku kebijakan dan ahli dapat menggunakan hasil analisis ini untuk mendukung kebijakan berkelanjutan di Surabaya. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam menghadapi tantangan lingkungan di Surabaya melalui pengembangan dan implementasi 4S 1.0 dan 4S 2.0. Kesimpulan tersebut dapat menjadi dasar untuk langkah-langkah kebijakan lanjutan dalam menjaga kualitas hidup dan keberlanjutan lingkungan di kota ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, Tike. Faradiva, Fella. (2020). URBAN HEAT ISLAND (UHI) – KREASI HANDAL SELARAS". *KREASI HANDAL SELARAS*, (Online), <https://www.handalselaras.com/urban-heat-island-uhi/#:~:text=Urban%20Heat%20Island%20menimbulkan%20berbagai,bakar%20fosil%20yang%20menyebabkan%20timbulnya>. Diakses 03 November 2023.
- Budiyono, Afif. (2010). Indeks kualitas Udara. Peniliti Bidang Pengkajian Ozon dan polusi Udara. 6-8. [https://jurnal.lapan.go.id/index.php/berita\\_dirgantara/article/viewFile/691/609](https://jurnal.lapan.go.id/index.php/berita_dirgantara/article/viewFile/691/609)
- Efendi, Yoyon. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(1), 20. <https://media.neliti.com/media/publications/283803-internet-of-things-iot-sistem-pengendali-c98bddd.pdf>
- Epa. Managing Air Quality - Control Strategies to Achieve Air Pollution Reduction US EPA "Managing Air Quality - Control Strategies To Achieve Air Pollution Reduction | US EPA". US EPA, 2015, (Online) <https://www.epa.gov/air-quality-management-process/managing-air-quality-control-strategies-achieve-air-pollution>, Diakses 02 November 2023.
- Iken Lee, Michael Greenstone. (2021). Polusi Udara Indonesia dan Dampaknya Terhadap Usia Harapan Hidup. [https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2021/09/AQLI\\_IndonesiaReport-2021\\_IND-version9.7.pdf](https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2021/09/AQLI_IndonesiaReport-2021_IND-version9.7.pdf).
- Ivosights. *Algoritma Regresi, Algoritma yang Bantu Anda Membuat Keputusan Bisnis!*, PT. Ivonesia Solusi Data Official. (Online). <https://ivosights.com/read/artikel/algoritma-regresi-algoritma-yang-bantu-anda-membuat-keputusan-bisnis#:~:text=Algoritma%20regresi%20linier%3A%20Algoritma%20ini,fitur%20dan%20target%20dianggap%20linier> , Diakses 3 November 2023.
- Iqair. Data AQI kota Surabaya pada Kamis, 2 November 2023, (Online), <https://www.iqair.com/id/indonesia/east-java/surabaya>, Diakses 2 November 2023.
- Iqair. Polutan udara diukur dalam AQI. Ada enam polutan udara yang diukur dalam rumus indeks, (Online), <https://www.iqair.com/id/newsroom/what-is-aqi>. Diakses 02 November 2023.
- Nafas. Apa itu Air Quality Index (AQI)? "Apa Itu Air Quality Index (AQI)?".



Nafas.Co.Id, 2023, (Online), <https://nafas.co.id/article/Apa-itu-Air-Quality-Index-AQI>. Diakses 02 November 2023.

- R Arik Yumna Pratiwi, Lalu Muhamad Jaelan. (2021). Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 48-55. [https://www.researchgate.net/publication/360678402 Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island UHI di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal](https://www.researchgate.net/publication/360678402_Analisis_Perubahan_Distribusi_Urban_Heat_Island_UHI_di_Kota_Surabaya_Menggunakan_Citra_Satelit_Landsat_Multitemporal).
- Surya Atmaja, Dede. (2010). ANALISIS FENOMENA URBAN HEAT ISLAND PERMUKAAN WILAYAH BOGO. Studi Kasus Kota dan Kabupaten Bogor. 1-81. [https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/62876/1/11180150000004 Dede%20Surya%20Atmaja\\_wm.pdf](https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/62876/1/11180150000004_Dede%20Surya%20Atmaja_wm.pdf)
- Taleghani, Mohammad et al. (2019). The Impact Of Heat Mitigation Strategies On The Energy Balance Of A Neighborhood In Los Angeles. *Energi matahari*. 177,604-611. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X18311411>.

## DAFTAR PUSTAKA GAMBAR

- Coolroofs. Urban Heat Island Mitigation - Cool Roof Rating Council". *Cool Roof Rating Council*, 2023, (Online), <https://coolroofs.org/resources/urban-heat-island-mitigation>. Diakses 2 November 2023.
- Iqair. Data AQI kota Surabaya pada Kamis, 2 November 2023, (Online), <https://www.iqair.com/id/indonesia/east-java/surabaya>, Diakses 2 November 2023.
- R Arik Yumna Pratiwi, Lalu Muhamad Jaelan. (2021). Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 48-55. [https://www.researchgate.net/publication/360678402\\_Analisis\\_Perubahan\\_Distribusi\\_Urban\\_Heat\\_Island\\_UHI\\_di\\_Kota\\_Surabaya\\_Menggunakan\\_Citra\\_Satelit\\_Landsat\\_Multitemporal](https://www.researchgate.net/publication/360678402_Analisis_Perubahan_Distribusi_Urban_Heat_Island_UHI_di_Kota_Surabaya_Menggunakan_Citra_Satelit_Landsat_Multitemporal).
- R Arik Yumna Pratiwi, Lalu Muhamad Jaelan. (2021). Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 48-55. [https://www.researchgate.net/publication/360678402\\_Analisis\\_Perubahan\\_Distribusi\\_Urban\\_Heat\\_Island\\_UHI\\_di\\_Kota\\_Surabaya\\_Menggunakan\\_Citra\\_Satelit\\_Landsat\\_Multitemporal](https://www.researchgate.net/publication/360678402_Analisis_Perubahan_Distribusi_Urban_Heat_Island_UHI_di_Kota_Surabaya_Menggunakan_Citra_Satelit_Landsat_Multitemporal)
- R Arik Yumna Pratiwi, Lalu Muhamad Jaelan. (2021). Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 48-55. [https://www.researchgate.net/publication/360678402\\_Analisis\\_Perubahan\\_Distribusi\\_Urban\\_Heat\\_Island\\_UHI\\_di\\_Kota\\_Surabaya\\_Menggunakan\\_Citra\\_Satelit\\_Landsat\\_Multitemporal](https://www.researchgate.net/publication/360678402_Analisis_Perubahan_Distribusi_Urban_Heat_Island_UHI_di_Kota_Surabaya_Menggunakan_Citra_Satelit_Landsat_Multitemporal)
- Itsekson, Alexy. 2022. *IoT Architecture Layer*. (Online), <https://jelvix.com/blog/iot-architectures-layer>, Diakses 2 November 2023..
- Nafas. Apa itu Air Quality Index (AQI)? "Apa Itu Air Quality Index (AQI)?". Nafas.Co.Id, 2023, (Online), <https://nafas.co.id/article/Apa-itu-Air-Quality-Index-AQI>. Diakses 02 November 2023.
- WAHYUDI. "Semua Terdampak Polusi Udara". *Kompas.Id*, 2023, (Online), <https://www.kompas.id/baca/humaniora/2023/08/15/semua-terdampak-polusi-udara>. Diakses 3 November 2023.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 : Code Program Python untuk Visualisasi Data Grafik

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Baca file Excel
file_path = '/content/Data 4S.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path)

# Periksa nama kolom yang ada dalam DataFrame
print(df.columns)

# Membuat tiga grafik terpisah untuk masing-masing parameter
plt.figure(figsize=(15, 10))

# Grafik 1: AQI
plt.subplot(3, 1, 1)
plt.plot(df['wkt_ntp'], df['aqi'], marker='o', linestyle='-',
color='b')
plt.title('Grafik AQI terhadap Waktu')
plt.xlabel('Waktu')
plt.ylabel('AQI (Satuan)')
plt.xticks(rotation=45)

# Grafik 2: Suhu
plt.subplot(3, 1, 2)
plt.plot(df['wkt_ntp'], df['suhu'], marker='o', linestyle='-',
color='r')
plt.title('Grafik Suhu terhadap Waktu')
plt.xlabel('Waktu')
plt.ylabel('Suhu (°C)')
plt.xticks(rotation=45)

# Grafik 3: Polusi
plt.subplot(3, 1, 3)
plt.plot(df['wkt_ntp'], df['polusi'], marker='o', linestyle='-',
color='g')
plt.title('Grafik Polusi terhadap Waktu')
plt.xlabel('Waktu')
plt.ylabel('ISPU (Satuan)')
plt.xticks(rotation=45)

plt.tight_layout()
plt.show()
```

## Lampiran 2 : Code Program Python Machine Learning menggunakan Regresi Linier

```
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn import metrics
import matplotlib.pyplot as plt

# Membaca data dari file Excel
data = pd.read_excel('/content/Data 4S.xlsx') # Gantilah
'data.xlsx' dengan nama file Excel yang sesuai

# Memilih fitur (parameter) dan target
X = data[['aqi', 'suhu', 'polusi']]
y = data['wkt_ntp']

# Membagi data menjadi data latih dan data uji
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y,
test_size=0.2, random_state=0)

# Membuat model Regresi Linier
model = LinearRegression()
model.fit(X_train, y_train)

# Memprediksi data uji
y_pred = model.predict(X_test)

# Convert datetime to numerical format (timestamp in seconds
since a reference date)
y_test_numeric = y_test.astype(int) // 10**9 # Assuming
'y_test' is in datetime format

# Evaluasi model
print('Mean Absolute Error:',
metrics.mean_absolute_error(y_test_numeric, y_pred))
print('Mean Squared Error:',
metrics.mean_squared_error(y_test_numeric, y_pred))
print('Root Mean Squared Error:',
metrics.mean_squared_error(y_test_numeric, y_pred,
squared=False))

# Visualisasi hasil prediksi
plt.scatter(y_test_numeric, y_pred)
plt.xlabel('Actual Values')
plt.ylabel('Predicted Values')
plt.title('Actual vs Predicted Values')
```

```

plt.show()

# Define the threshold for Mean Absolute Error
batas_error = 0.1 # You should adjust this value based on your
specific requirements

# Rekomendasi kebijakan
if mae < batas_error:
    print("Rekomendasi Kebijakan:")
    print("Berdasarkan hasil regresi linier, dapat disarankan
untuk mengambil langkah-langkah berikut:")
    print("- Memperhatikan dan mengelola kualitas udara (AQI),
suhu, dan tingkat polusi untuk meningkatkan waktu respons
(wkt_ntp).")
    print("- Mengimplementasikan solusi untuk meningkatkan
kualitas udara, mengurangi suhu, dan mengontrol polusi.")
else:
    print("Rekomendasi Tindakan:")
    print("1. Perbarui atau perbaiki data yang digunakan untuk
pelatihan model.")
    print("2. Tinjau kembali pemilihan fitur dan pertimbangkan
variabel tambahan yang mungkin relevan.")
    print("3. Evaluasi metode atau model yang lebih canggih
untuk meningkatkan performa.")
    print("4. Lakukan penyetelan parameter model untuk
optimalitas.")
    print("5. Pastikan untuk terus memantau dan memperbarui
model sesuai kebutuhan.")
    print("\nRekomendasi Kebijakan Nyata:")
    print("Berdasarkan analisis data, pemerintah dapat
mempertimbangkan langkah-langkah berikut:")
    print("- Implementasi kebijakan kontrol polusi untuk
mengurangi tingkat polusi udara.")
    print("- Pengembangan program peningkatan kualitas udara,
termasuk pemantauan dan peringatan dini.")
    print("- Program mitigasi panas untuk mengurangi dampak
suhu tinggi terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.")
    print("- Kolaborasi dengan pihak terkait untuk meningkatkan
pemantauan dan pengelolaan parameter yang berpengaruh.")
    print("- Edukasi masyarakat tentang pentingnya kualitas
udara dan tindakan yang dapat diambil untuk mendukung
keberlanjutan.")

```

### Lampiran 3 : Biodata Ketua Tim



# M. Niko Nur Cahyono

Electronics Engineer

## PROFIL

Saya M. Niko Nur Cahyono, seorang siswa di SMKN 1 Nglegok, jurusan Teknik Elektronika Industri, dengan ketertarikan dalam bidang elektronika, baik dalam perangkat lunak maupun perangkat keras.

## KEMAMPUAN

- Internet Of Think
- Mikrocontroller
- PCB Hardware Design

## Skil

- Eagle PCB
- DipTrace Design PCB
- EasyEDA
- C/C++
- Arduino
- ESP
- STM32

## CONTACT

+62 858-597-342-96

mnikonurcahyono50@gmail.com

Dsn. Manukan, RT02/RW02,  
Desa Pojokl, Kec. Garum,  
Kab. Blitar, Provinsi Jawa Timur

## Riwayat Akademis

(2021 – 2024)

**SMKN 1 Nglegok**

Teknik Elektronika Industri

- Pernah mengikuti lomba robot analog line follower
- Pernah mengikuti seleksi lomba LKS tingkat SMK di bidang Electronics
- Mengikuti Komunitas Elektro

## PENGALAMAN

Januari 2023 - Juli 2023

**Magang di PT. TEKNO LAB CARAKA INTERNASIONAL**

*Electronics Engineer*

- Dipercaya untuk membuat system monitoring PLTS menggunakan metode Telemetry LoRaWan dengan Internet Of Think

Agustus 2023 - Sekarang

**Bekerja di PT. TEKNO LAB CARAKA INTERNASIONAL**

*Junior Engineer*

- Dipercaya untuk membuat GAS Analize
- Membuat Trainer PLC
- Desain Layout PCB ekspansi raspberry

## Projek yang pernah dibuat

- Membuat Smarthome untuk control ruang
- Membuat jam digital menggunakan arduino
- Membuat Sistem peringatan kebakaran menggunakan komunikasi CAN Bus

## Lampiran 4 : Biodata Anggota



# David Narisma Yudha

Electronics Engginer

### PROFIL

Saya David NarismaYudha, Siswa SMKN 1 Nglegok jurusan Teknik Elektronika Industri.Saya suka menantang diri saya untuk lebih mencoba hal baru di dunia informasi dan Teknologi

### Keahlian

- PCB Hardware Design
- Internet Of Think
- Mikrokontroller

### Skil

- Eagle PCB
- EasyEDA
- Kicad
- C/C++
- Arduino
- ESP
- STM32

### Kontak

HP : +62 855-4610-9496  
Alamat : Dsn.Karanganyar Timur, RT03 / RW14, Desa Modangan, Kec.Nglegok, Kab.Blitar, Provinsi Jawa Timur  
E-Mail: davidnarismayudha08.9a@gmail.com

### Riwayat Akademis

**SMKN 1 Nglegok**  
*Teknik Elektronika Industri*  
**2021 - 2024**

- Mengikuti Komunitas Elektro
- Pernah mengikuti seleksi lomba LKS tingkat SMK di bidang lomba Electronics

### Pengalaman

**Magang di CV.INDONIAGA TECHNOLOGY CORPORA**  
*Electronic Engginer*  
**Januari 2023 - July 2023**


- Dipercaya untuk membuat harware design untuk projek Monitoring PLTS berbasis internet of think
- Dipercaya untuk membuat projek sistem balap merpati berbasis internet of think mulai dari prototype sampai selesai

### Projek yang pernah dibuat


- Membuat sistem monitoring suhu untuk inkubator telur ayam berbsis Internet Of Think
- Membuat Smarthome untuk kontrol lampu
- Membuat water level menggunakan gerbang logika
- Membuat jam digital menggunakan arduino





## Lampiran 5 : Biodata Guru Pembimbing



### CONTACT

 Blitar, East Java 66115

 +6285719221993

 elgaarisprastyo@gmail.com

### SUMMARY

I am also an author with 4 published works, and I combine my expertise in SEO, digital marketing, and programming to support the success of my projects.

### SKILLS

- Electronics Engineering
- IoT Engineering
- Programming (C, HTML, CSS, Python, etc)
- Search Engine Optimization (SEO)
- Business Accounting
- Digital Marketing

## Elga Aris Prastyo, S.Pd., S.E

### EXPERIENCE

- **Director** PT. Teknolab Caraka Internasional - Blitar, East Java, Indonesia  
01/2022 - Current
- **Teacher of Industrial Electronics Engineering** SMK Negeri 1 Nglegok - Blitar, East Java, Indonesia  
07/2021 - Current
- **Director** CV. Indoniaga Technology Corpora - Blitar, East Java, Indonesia  
01/2019 - Current
- **Electronics Engineer** Workshop Electronics 3 in 1 - Malang, East Java, Indonesia  
01/2013 - 01/2019
- **Electronics Engineer** Freelance - Blitar, East Java, Indonesia  
07/2008 - 01/2013

### EDUCATION

- **Master of Applied Engineering: S2 Terapan Teknik Elektro (Computer Science)**  
**Politeknik Negeri Malang** - Malang
- **Bachelor of Arts: S1 Manajemen Bisnis Syariah**  
**UIN Sayyid Ali Rahmatullah** - Tulungagung, 2021
- **Bachelor of Arts: S1 Pendidikan Teknik Elektro**  
**Universitas Negeri Malang** - Blitar, 2015
- **Vocational High School: Teknik Audio Video**  
**SMK Negeri 1 Blitar** - Blitar, 2011

### ADDITIONAL INFORMATION

- Website : [www.elgarisprastyo.com](http://www.elgarisprastyo.com)
- Facebook : [Elga Aris Prastyo](#)
- Instagram : [@elga.aris.prastyo](#)