

ALAT UKUR TINGKAT PENCEMARAN UDARA (KARBON MONOKSIDA (CO) dan NITROGEN DIOKSIDA (NO₂)) PADA SEKTOR PERTANIAN BERBASIS IoT

Adi Heru Utomo^{1*}, Erwin Andrianto², Denny Trias Utomo³

^{1*}Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember

²Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember

³Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember

Email: ^{1*}adiheruutomo@polije.ac.id, ²erwinandrianto123@gmail.com, ³denny_triас@polije.ac.id

(Naskah masuk : 14 Januari 2023, direvisi : 17 Januari 2023, diterima : 20 Januari 2023, dipublikasikan : 20 Januari 2023)

Abstrak

Pencemaran udara saat ini terus meningkat karena aktivitas manusia yang membuat tingkat konsentrasi gas tinggi, salah satunya dari sektor pertanian yang menghasilkan gas rumah kaca. Sehingga, menyebabkan beberapa dampak buruk bagi kelangsungan makhluk hidup terutama manusia. Pertanian menyumbang gas rumah kaca sekitar 14% pada skala global dan 7% pada skala nasional. Hasil tersebut didapat dari pengukuran yang dilakukan oleh dinas pertanian dengan menggunakan sungkup menangkap gas pencemar udara dan laboratorium untuk mengukur konsentrasi gas pencemar udara. Namun, saat ini di Kabupaten Jember peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengambilan sampel dan laboratorium untuk mengukur tingkat konsentrasi gas masih kurang memadai. Maka, untuk mengatasi permasalahan tersebut, Peneliti merancang sebuah sistem berbasis IoT yang dapat di mengukur tingkat pencemaran udara dengan menggunakan parameter antara lain gas CO dan gas NO₂. Hasil dari pengujian, akurasi dari algoritma *Fuzzy sugeno* pada penelitian saat ini sebesar 100%. Sedangkan tingkat error dari sensor CO sebesar 11,4% dan tingkat error dari sensor NO₂ sebesar 6,66%.

Kata Kunci : *Internet of Things, Fuzzy Sugeno, Polusi Udara, Pertanian*

MEASURING DEVELOPMENT OF AIR POLLUTION (CARBON MONOXIDE (CO) and NITROGEN DIOXIDE (NO₂)) IN AGRICULTURE SECTOR BASED ON IoT

Abstract

Air pollution is currently increasing due to human activities that create high levels of gas concentrations, one of which is from the agricultural sector which produces greenhouse gases. Thus, causing some adverse effects on the survival of living things, especially humans. Agriculture contributes about 14% of greenhouse gases on a global scale and 7% on a national scale. These results were obtained from measurements carried out by the agricultural service using hoods to capture air pollutant gases and a laboratory to measure the concentration of air pollutant gases. However, currently in Jember Regency the equipment needed to carry out sampling and laboratories to measure gas concentration levels is still inadequate. So, to overcome these problems, researchers designed an IoT-based system that can measure the level of air pollution using parameters including CO gas and NO₂ gas. The results of the test, the CO sensor error rate accuracy is 11.4% and the NO₂ sensor error rate is 6.66%.

Keywords: *Internet of Things, fuzzy sugeno, air pollution, Agriculture*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran udara saat ini semakin meningkat sehingga menimbulkan sejumlah dampak buruk bagi keberadaan makhluk hidup khususnya manusia [1]. Penyebab meningkatnya pencemaran udara adalah aktivitas manusia yang membuat tingkat konsentrasi gas tinggi, salah satunya aktivitas manusia dari sektor pertanian yang menghasilkan gas rumah kaca (GRK). Beberapa gas rumah kaca yang dihasilkan oleh pertanian adalah karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Gas dihasilkan dari kegiatan pertanian seperti penanaman padi, penggunaan urea, penggunaan kapur dan pembakaran biomassa [2] Pertanian menyumbang sekitar 14% gas rumah kaca secara global dan 7% secara nasional [3] Dengan tingginya pencemaran udara perlu adanya upaya pencegahan karena berdampak buruk, Pada manusia akan menimbulkan penyakit berbahaya seperti gangguan pernafasan yang dapat berujung pada kematian. Akibat pencemaran udara, pemerintah mengatur Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Menurut peraturan

pemerintah, Indeks Standar Pencemaran Udara, salah satu parameter pencemaran udara adalah karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Penetapan ISPU ini memperhitungkan sejauh mana kualitas udara mempengaruhi kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan, dan nilai estetika [4], [5]

Selama ini riset tentang pencemaran banyak dilakukan [6]–[11]. Detektor kesuburan tanah [12]–[14] mengetahui tingkat pencemaran udara pada lahan pertanian dapat dilakukan dengan cara pengambilan sampel gas di lahan. Untuk pengambilan sampel gas di sawah, gunakan selang waktu 10, 20, 30 menit jika sampel gas yang diambil kemudian akan digunakan untuk analisis guna mengetahui tingkat emisi pencemar udara [15], [16] Peralatan yang diperlukan yaitu: botol vial untuk menampung sampel gas, jarum suntik untuk mengambil gas dari dalam sungkup, *stopwatch* untuk mengatur waktu. Kemudian sampel tersebut dilakukan uji lab untuk mengetahui tingkat konsentrasi gas dan tingkat pencemaran. Namun, saat ini di Kabupaten Jember peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengambilan sampel dan laboratorium untuk mengukur tingkat konsentrasi gas masih kurang memadai. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem yang mampu mendeteksi gas CO dan NO₂ secara otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan algoritma fuzzy Sugeno untuk mengetahui tingkat kualitas udara di lahan pertanian. Berdasarkan uraian tersebut penelitian ini dilaksanakan dengan judul “Alat Ukur Tingkat Pencemaran Udara (Karbon monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂)) Pada Sektor Pertanian Berbasis IoT” diharapkan sistem ini dapat mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh dinas pertanian.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Waktu dan tempat penelitian berjudul “Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Dioksida (No2)) Pada Sektor Pertanian Dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis Iot” dilakukan di Politeknik Negeri Jember, Jurusan Teknologi Informasi yang dimulai dari Maret 2021 hingga Mei 2022.

Alat dan Bahan

Ada dua jenis alat bantu dalam penyusunan penelitian ini, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak, sebagai berikut:

a. Perangkat Keras

- 1) Laptop Lenovo *Ideapad slim 3*
- 2) *Processor* AMD RYZEN-4300U CPU @2.7GHz
- 3) *Memory* 8192MB RAM
- 4) SSD 512GB
- 5) *Keyboard*
- 6) *Mouse*
- 7) Buku dan Peralatan tulis

b. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk mempersiapkan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) *Google Chrome*
- 2) *Figma*
- 3) *Visual Studio Code*
- 4) *Arduino IDE*
- 5) *Xampp*
- 6) *MySQL*
- 7) *phpMyAdmin*
- 8) *Fritzing*
- 9) *Microsoft Word*
- 10) *Microsoft PowerPoint*
- 11) *Microsoft Excel*

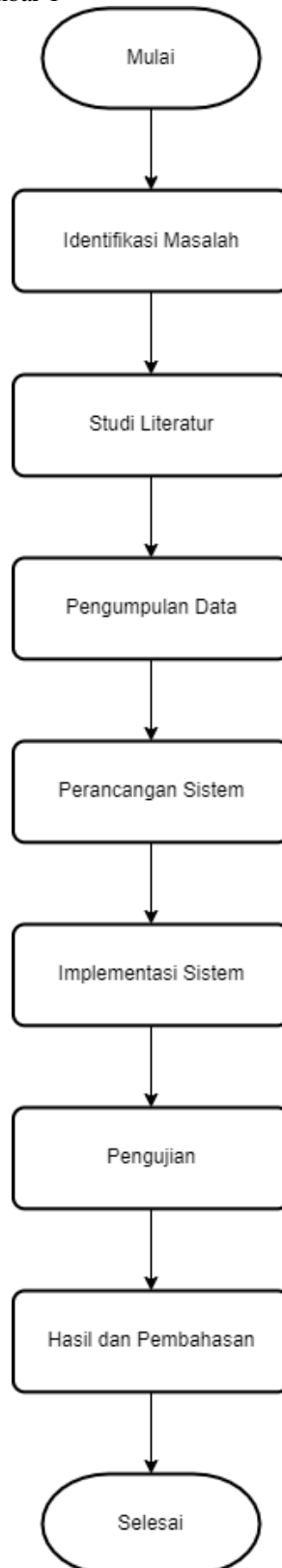
Bahan

- a. Arduino UNO
- b. ESP 8266
- c. *Sensor* MQ-135
- d. *Sensor* MQ-7
- e. Kabel *jumper*
- f. Akrilik

g. Lakban kertas

Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian “Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara Gas (Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Karbon monoksida (CO)) Pada Sektor Pertanian Dengan Metode *Fuzzy* Berbasis *IoT*” meliputi 8 kegiatan dapat diilustrasikan pada gambar 1



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian “Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara Gas (Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Karbon monoksida (CO)) Pada Sektor Pertanian Dengan Metode *Fuzzy* Berbasis *IoT*” meliputi 8 kegiatan dapat diilustrasikan pada gambar 1

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah rumusan masalah yang akan dilakukan dan untuk mendapatkan solusi yang tepat dari masalah tersebut. Hal terpenting dalam mendefinisikan masalah adalah menentukan limit, karena tanpa mendefinisikan limit, masalah yang akan diteliti tidak akan memiliki solusi yang akurat dan efektif. Penentuan pembatasan masalah bertujuan agar menjaga ketetapan penelitian yang diteliti yaitu Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂)) Pada Sektor Pertanian Dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis *IoT*. Dari hasil identifikasi masalah yang dilakukan diharapkan sistem dan alat yang dibangun mampu mengidentifikasi pencemaran gas pada sektor pertanian.

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi dan referensi teoritis yang relevan dengan kasus atau masalah yang ada. Dalam penelitian ini, literature review terkait dengan jurnal yang dipublikasikan di internet dan website resmi Kementerian Lingkungan Hidup.

Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data, menjadi kebutuhan analisis dan perancangan, data yang dibutuhkan meliputi Internet of Things (*IoT*), metode logika fuzzy Sugeno, dan faktor penyebab pencemaran gas rumah kaca dari jurnal, artikel ilmiah. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara dan data tersebut diperoleh dalam jurnal berjudul “Rancang Bangun Pemantauan Kualitas Udara pada Taman Wilayah Melalui Website Berbasis Arduino menggunakan Logika Fuzzy” pada tahun 2017

Perancangan

Tahap perancangan merupakan tahap dimana peneliti akan merancang arsitektur sistem seperti perancangan basis data, diagram blok, diagram alir sistem, wireframe sistem dan perancangan perangkat keras. Tujuan dari langkah-langkah ini adalah untuk memungkinkan peneliti membuat sistem terstruktur dan gambaran umum yang mudah dipahami akan dihasilkan.

Implementasi

Pada titik ini, peneliti mengimplementasikan sistem berbasis desain pada perangkat lunak dan perangkat keras. Pada tahap implementasi ada beberapa tahapan, yaitu:

- a) Penyusunan Alat Pendeteksi Gas
Mikrokontroler Arduino UNO, ESP8266, sensor gas MQ-135, dan MQ-7. Untuk merakit semua komponen tersebut membutuhkan kabel jumper yang berfungsi menghubungkan semua komponen.
- b) Pembangunan Kontrol Alat Pendeteksi Gas
Pada pembangunan kontrol alat akan dilakukan perancangan kontrol aplikasi pada Arduino UNO dan ESP8266 dengan menggunakan bahasa pemrograman C++. Tools yang akan digunakan untuk mengontrol Arduino UNO dan ESP8266 adalah Arduino IDE.
- c) Pembangunan website Sistem Pengukuran Pencemaran Udara
Pada tahap pembangunan website Sistem Pengukuran Pencemaran Udara Sektor Pertanian. Framework website yang akan digunakan adalah CodeIgniter dan bahasa pemrograman PHP, serta menggunakan Database Management System (DBMS) yaitu MySQL. Kemudian, website tersebut akan dihubungkan dengan ESP8266 yang akan digunakan sebagai media untuk mengirimkan data yang masuk dari sensor.
- d) Pengujian
Pada tahap pengujian ini dilakukan dengan menggunakan dua pengujian yaitu pengujian perangkat keras dan pengujian User Acceptance Testing (UAT).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Studi Literatur

Kegiatan studi literatur dalam penelitian ini mencari informasi dan referensi sebelumnya untuk mendukung pembahasan penelitian ini, mencari data sekunder yang akan digunakan dalam Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂)) Pada Sektor Pertanian, seperangkat teori yang terkait dengan objek penelitian ini, yaitu sistem pengukuran polusi udara, metode *fuzzy* Sugeno, klasifikasi

Adi Heru Utomo, dkk, alat ukur tingkat pencemaran udara (karbon monoksida (co) dan nitrogen dioksida (no2)) pada sektor pertanian berbasis iot

polusi udara, implementasi website dan *Internet of Things (IoT)* yang diperoleh dari majalah, buku, artikel dan situs web.

2. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 14 tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara dan data yang diperoleh pada jurnal yang berjudul “Rancang Bangun Pemantauan Kualitas Udara pada Taman Wilayah Melalui Website Berbasis Arduino menggunakan Logika Fuzzy” yang dibuat Hanna Febryna S. pada tahun 2017. Data primer didapatkan menggunakan sensor gas yang ditangkap menggunakan mikrokontroler Arduino UNO. Berikut data yang didapatkan oleh peneliti :

Tabel 1 Index Standar Pencemaran Udara (ISPU) dan Dampak Kesehatan

Rentang	Kategori	Penjelasan
1 - 50	Baik	Tingkat kualitas udara yang tidak mempengaruhi kesehatan manusia atau hewan dan tidak mempengaruhi vegetasi, struktur atau nilai estetika
51 – 100	Sedang	Tingkat kualitas udara yang tidak mempengaruhi kesehatan manusia atau hewan, tetapi mempengaruhi spesies tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika
101 - 199	TidakSehat	Tingkat kualitas udara yang merugikan manusia atau kelompok hewan yang sensitif atau yang dapat membahayakan vegetasi atau nilai estetika
200 - 299	SangatTidak Sehat	Tingkat kualitas udara dapat mempengaruhi kesehatan beberapa populasi yang terpapar
300 - Lebih	Berbahaya	Tingkat kualitas udara yang tidak aman, secara umum, dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 14 tahun 2020.

Tabel 2. Batas ISPU dalam Satuan SI

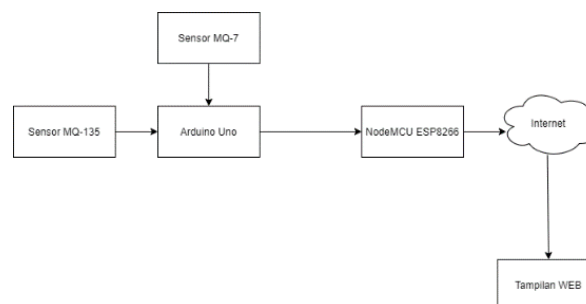
ISPU	PM10 (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)	O ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)
50	50	80	40	120	0
100	150	365	80	235	0.65
200	350	800	136	400	1.13
300	420	1600	272	800	2.26
400	500	2100	368	1000	3

Sumber: Rancang Bangun Pemantauan Kualitas Udara pada Taman Wilayah Melalui Website Berbasis Arduino menggunakan Logika Fuzzy (2017).

3. Perancangan

Tahap perancangan merupakan gambaran dan rancangan dari sistem yang akan dibangun. Rancangan tersebut juga menjelaskan tentang input dan output yang dihasilkan. Pada penelitian “Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Dioksida (No2)) Pada Sektor Pertanian Dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis Iot” menggunakan Flowchart diagram, Blok diagram, Use Case, Entity Relationship Diagram (ERD), rancangan perangkat keras, dan wireframe.

Blok Diagram



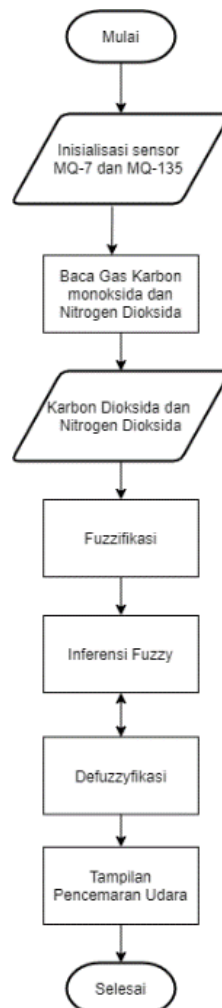
Gambar 2. Blok Diagram

Pada gambar 1 Blok Diagram dijelaskan, data pencemaran udara dari tempat pengukuran pencemaran udara (CO dan NO₂) yang diperoleh menggunakan sensor MQ7 untuk pendeteksian gas CO dan MQ135 untuk

Adi Heru Utomo, dkk, alat ukur tingkat pencemaran udara (karbon monoksida (co) dan nitrogen dioksida (no2)) pada sektor pertanian berbasis iot

pendeteksi gas NO₂ dihubungkan dengan Arduino Uno. Hasil pengukuran pencemaran gas rumah kaca akan diposting di website. Untuk menghubungkan Arduino Uno dengan website, diperlukan sebuah alat yaitu modul ESP8266 NodeMCU sebagai sarana komunikasi data.

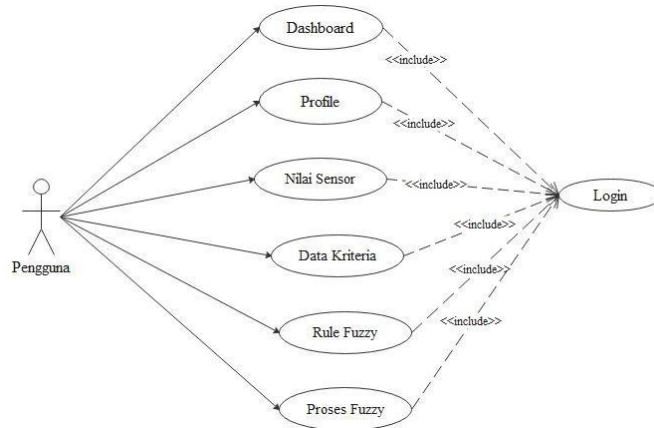
Flowchart



Gambar 3. Flowchart System

Pada Gambar 3. menggambarkan alur kerja dari Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂)) Pada Sektor Pertanian Dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis IoT. Cara kerja sistem ini dimulai dari input sensor MQ7 mendeteksi CO dan sensor MQ135 mendeteksi NO₂. Data hasil pengukuran dari Arduino Uno kemudian dikirim ke NodeMCU ESP8266 sebagai media komunikasi data, selanjutnya akan dilakukan proses *fuzzy* pada website dan menampilkan hasil pengukuran pencemaran udara.

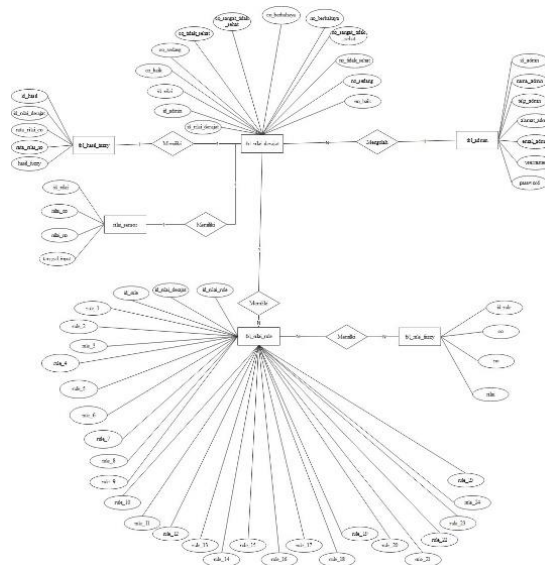
Use Case



Gambar 4. Use Case

Gambar 4 Merupakan use case dari Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Dioksida (No2)) Pada Sektor Pertanian Dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis IoT. Pada use case penelitian ini pengguna dapat mengakses fitur-fitur yang ada dengan melakukan login terlebih dahulu. Pengguna dapat mengakses fitur dashboard yang menampilkan grafik nilai sensor dari alat, mengelola profile dari edit profile dan edit password, melihat nilai sensor dari alat, mengelola data kriteria mulai dari tambah, edit, dan hapus data kriteria, mengelola rule fuzzy dari tambah, edit, dan hapus rule fuzzy, pengguna dapat melakukan pengujian kualitas udara, melihat hasil pengujian, detail pengujian, dan menghapus pengujian.

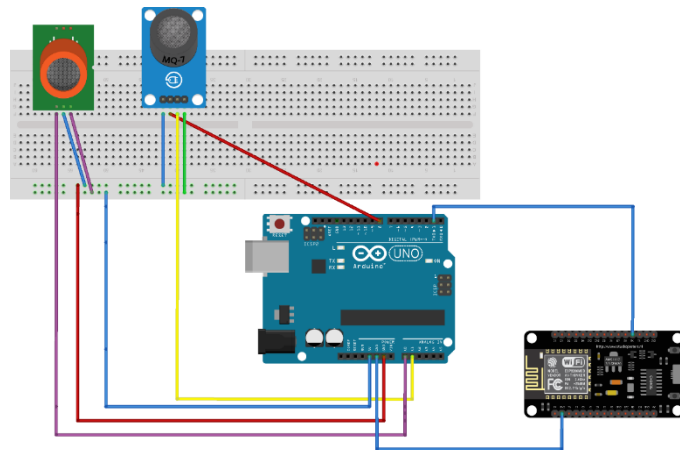
Entity Relationship Diagram (ERD)



Gambar 5. ERD

Pada gambar 5 merupakan rancangan Entity Relationship Diagram (ERD) untuk sistem pengukuran tingkat pencemaran udara. Entity relation diagram (ERD) menggambarkan hubungan antar entitas. Dimana tabel admin terhubung ke tabel nilai derajat dengan hubungan one to many. Tabel nilai sensor memiliki hubungan one to one. Tabel rule fuzzy memiliki hubungan dengan tabel nilai rule yang memiliki hubungan many to many. Selain itu, tabel nilai derajat memiliki hubungan dengan tabel nilai rule, yang memiliki hubungan one to many. Dan terakhir, table nilai derajat memiliki hubungan dengan tabel hasil fuzzy yang memiliki hubungan one to one.

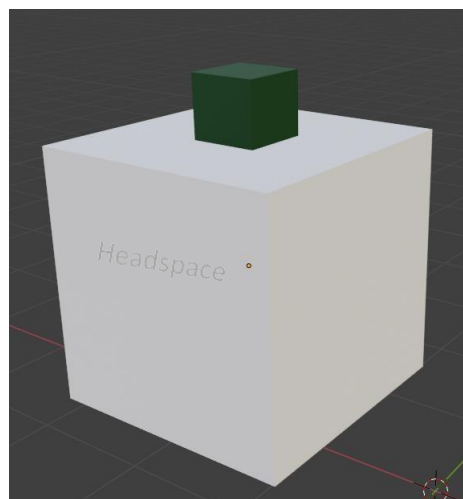
Adi Heru Utomo, dkk, alat ukur tingkat pencemaran udara (karbon monoksida (co) dan nitrogen dioksida (no2)) pada sektor pertanian berbasis iot



Gambar 6. Skema Rangkaian

Gambar 5 merupakan perancangan perangkat keras pendeteksi pencemaran udara dengan tools fritzing menggunakan beberapa sensor antara lain Arduino UNO, ESP8266 sebagai mikrokontroler, sensor gas MQ7 CO, sensor gas MQ135 NO2 dan rangkaian dihubungkan dengan kabel jumper. Kemudian bahasa pemrograman yang digunakan adalah C dan tools yang digunakan adalah Arduino IDE.

Desain Alat



Gambar 7. Desain Alat

Gambar 7 merupakan rancangan desain alat yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dimana akan dibangun bahan akrilik dengan tinggi 29,7 cm dan lebar 21 cm untuk pengambilan sampel gas di sawah dan lahan gambut. Headspace digunakan untuk menentukan ketinggian ruang udara disungkup. Karena sifat gas yang menguap ke atas maka, sensor dan mikrokontroler berada diatas.

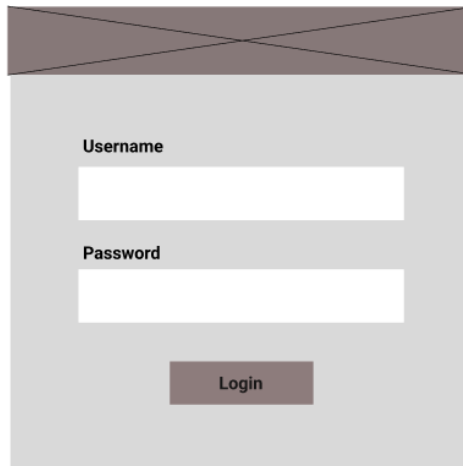
Wireframe

Desain wireframe digunakan sebagai acuan pengerjaan dalam membangun website Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Dioksida (No2)) Pada Sektor Pertanian. Hasil dari perancangan wireframe dapat dilihat sebagai berikut:

Halaman Login

Halaman login adalah halaman awal pada website dan digunakan oleh pengguna sebelum masuk ke dalam dashboard. Wireframe halaman login seperti pada gambar 8 Berikut.

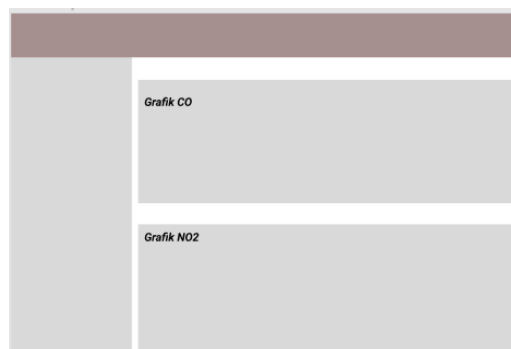
Adi Heru Utomo, dkk, alat ukur tingkat pencemaran udara (karbon monoksida (co) dan nitrogen dioksida (no2)) pada sektor pertanian berbasis iot



Gambar 8. Wireframe Halaman Login

a. Halaman *Dashboard*

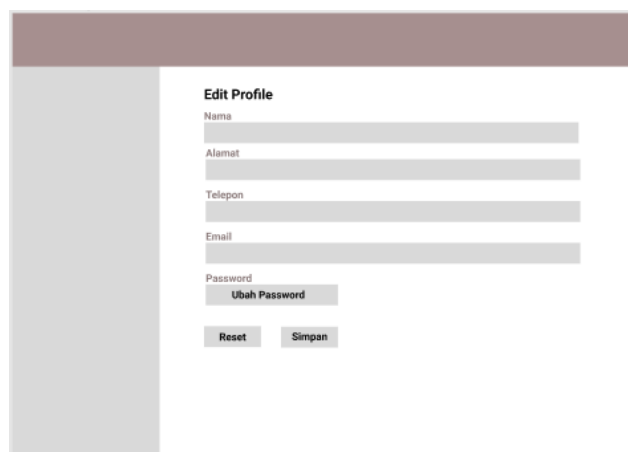
Halaman *dashboard* digunakan untuk menampilkan grafik nilai CO dan NO₂ dari alat. *Wireframe* halaman *dashboard* seperti pada gambar 9 Berikut.



Gambar 9. Gambar Wireframe Dashboard

b. Halaman *Edit Profile*

Halaman edit profile adalah halaman yang digunakan untuk melakukan edit data dan edit *password* pengguna. *Wireframe* halaman *edit profile* seperti pada gambar 10 Berikut.



Gambar 10. Wireframe Halaman Edit Profile

Adi Heru Utomo, dkk, alat ukur tingkat pencemaran udara (karbon monoksida (co) dan nitrogen dioksida (no2)) pada sektor pertanian berbasis iot

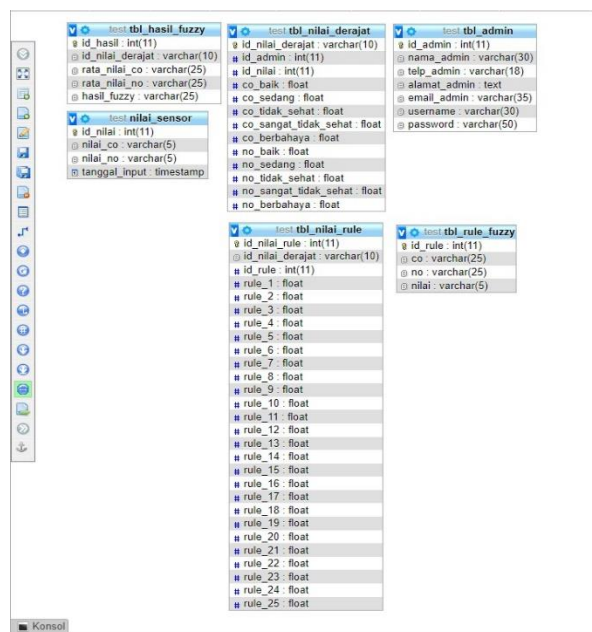
c. Halaman Data Nilai Sensor

Halaman data nilai sensor adalah halaman yang digunakan untuk menampilkan nilai CO, NO2, dan waktu pengambilan data. Wireframe halaman data nilai sensor seperti pada gambar 11 Berikut.

NO	Nilai Gas CO	Nilai Gas NO2	Start date	Action

Gambar 11. Wireframe Halaman Data Nilai Sensor

4. Implementasi Implementasi Database



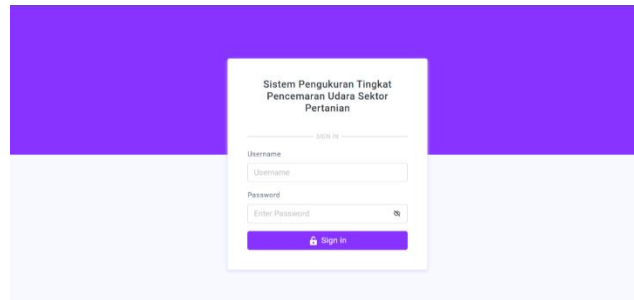
Gambar 12. Implementasi Database

Gambar 12 menunjukkan seluruh tabel database yang digunakan dalam Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon Monoksida (Co) dan Nitrogen Dioksida (No2) Sektor Pertanian Menggunakan Teknik Logika Fuzzy Berbasis IoT). Contoh desain database yang sebelumnya dibuat menggunakan Entity-Relationship Diagram (ERD) dan diimplementasikan dalam database Management System “DBMS”, atau MySQL.

Implementasi Website

Pada tahap implementasi website merupakan dimana peneliti melakukan implementasi dari wireframe yang telah dibuat sebelumnya. Implementasi website pada sistem pengukuran tingkat pencemaran udara (karbon monoksida (Co) dan nitrogen dioksida (No2)) pada sektor pertanian menggunakan bahasa pemrograman PHP, CodeIgniter, dan Bootstrap CSS. Hasil implementasi website adalah sebagai berikut.

Adi Heru Utomo, dkk, alat ukur tingkat pencemaran udara (karbon monoksida (co) dan nitrogen dioksida (no2)) pada sektor pertanian berbasis iot



Gambar 13. Halaman Login

a. Halaman *Login*

Gambar 13 Merupakan tampilan login yang menjadi tampilan halaman awal untuk Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Dioksida (No2)) Pada Sektor Pertanian Dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis IoT. Pengguna dapat masuk dengan username dan password yang telah disediakan. Setelah berhasil login kemudian akan menuju halaman dashboard.

b. Halaman *Dashboard*

Gambar 10 Merupakan hasil implementasi halaman dashboard, halaman ini berisi 2 grafik. Grafik pertama menampilkan nilai CO yang dikirimkan oleh alat dan grafik yang kedua menampilkan nilai NO2.



Gambar 14. Halaman Dashboard

c. Halaman *Edit Profile*

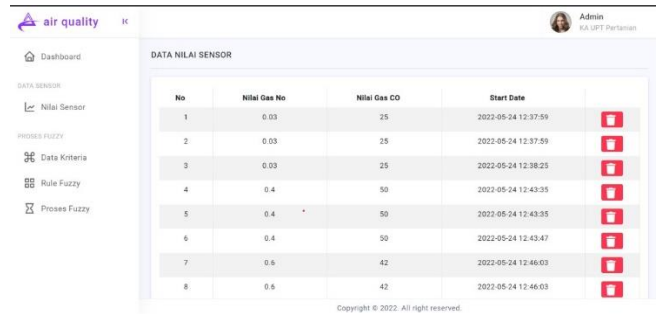
d.

Gambar 15. Edit Profile

Gambar 15 Merupakan hasil implementasi halaman edit data, halaman edit data profile digunakan oleh pengguna untuk melakukan edit data profile dan password.

e. Halaman *Nilai Sensor*

Adi Heru Utomo, dkk, alat ukur tingkat pencemaran udara (karbon monoksida (co) dan nitrogen dioksida (no2)) pada sektor pertanian berbasis iot



No	Nilai Gas No	Nilai Gas CO	Start Date
1	0.03	25	2022-05-24 12:37:59
2	0.03	25	2022-05-24 12:37:59
3	0.03	25	2022-05-24 12:38:25
4	0.4	50	2022-05-24 12:43:35
5	0.4	50	2022-05-24 12:43:35
6	0.4	50	2022-05-24 12:43:47
7	0.6	42	2022-05-24 12:46:03
8	0.6	42	2022-05-24 12:46:03

Gambar 16. Halaman Nilai Sensor

Gambar 16 Merupakan hasil implementasi halaman data nilai sensor, halaman data nilai sensor menampilkan nilai gas CO dan NO2 yang dikirim oleh alat. Pengguna dapat menghapus data nilai sensor yang didapat dari alat yang telah dibuat.

Implementasi Perangkat Keras

Mikrokontroler Arduino UNO, ESP8266, dan beberapa modul sensor yang didedikasikan untuk pengambilan data gas dibangun di atas desain yang dibuat sebelumnya.

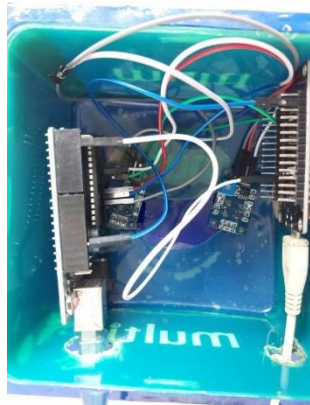
- a. Tampak Luar



Gambar 17. Tampak Luar Alat

Gambar 17 menunjukkan tampilan pengukur kualitas udara. Di dalam alat terdapat mikrokontroler serta sungkup dan wadah untuk menampung sensor dan kabel sebagai sumber tenaga untuk mengoperasikan alat.

- b. Penampakan dari dalam



Gambar 18. Tampak Dalam Alat

Gambar 18 menunjukkan bagian dalam pengukur kualitas udara. Didalamnya terdapat komponen seperti mikrokontroler Arduino UNO, NODEMCU ESP8266, kabel jumper, sensor MQ135 dan sensor MQ7.

5. Pengujian

Pengujian *User Acceptance Testing*

Pengujian menggunakan UAT dimaksudkan untuk mengetahui apakah sistem memenuhi persyaratan dan mampu berfungsi dengan baik. Pada tahap UAT, pengujian dilakukan oleh Ibu Sri Wahyuni, SP, M.Si sebagai ahli dalam penelitian ini. Rentang penilaian adalah Sangat Setuju (5), Setuju (4), Netral (3), Tidak Setuju (2), Sangat Tidak Setuju (1). Berikut adalah kesimpulan dari langkah- langkah pengujian user acceptance testing.

Tabel 3 Pengujian User Acceptance Testing

No	Pertanyaan	Kesimpulan
1	Jumlah Penguji	1
2	Jabatan Penguji	PNS Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan Kabupaten Jember
3	Apakah desain alat minimalis?	Menjawab Setuju
4	Apakah alat dapat bekerja sesuai keinginan?	Menjawab Setuju
5	Apakah alat mudah digunakan?	Menjawab Setuju
6	Apakah alat dapat mengirimkan data yang didapat dari sensor ke website?	Menjawab Setuju
7	Apakah website dapat menerima data yang dikirim dari alat?	Menjawab Setuju
8	Apakah sistem menampilkan data dengan menarik?	Menjawab Setuju
9	Apakah fitur pengujian kualitas udara mudah digunakan?	Menjawab Setuju
10	Apakah fitur pengujian kualitas udara dapat memberikan hasil pengujian kualitas udara?	Menjawab Setuju
11	Apakah tampilan keseluruhan website menarik?	Menjawab Sangat Setuju
12	Apakah keseluruhan sistem mudah dipahami dan dimengerti?	Menjawab Setuju
13	Apakah keseluruhan sistem berjalan dengan baik?	Menjawab Sangat Setuju

Tabel 3 adalah hasil langkah-langkah pengujian UAT. Hasil uji UAT diperoleh 9 setuju dan 2 sangat setuju. Dengan demikian, dengan tingkat 81,8% setuju dan 18,2% sangat setuju, peneliti dapat menyimpulkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dengan tampilan yang cukup menarik.

Pengujian Sensor MQ7

Acuan pengujian sensor MQ7 didapat dari jurnal yang berjudul “Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Fuzzy Logic” yang dibuat oleh Qory Hidayati pada tahun 2020. Pengujian sensor MQ7 bertujuan untuk mengetahui kadar CO dengan menambahkan gas pencemar udara dengan mengambil 10 sampel dengan waktu berbeda. Hasil Pengujian sensor MQ7 dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4 Pengujian Sensor MQ7

No	Waktu (detik)	CO (1)	CO (2)	Selisih	Error%
----	---------------	--------	--------	---------	--------

Adi Heru Utomo, dkk, alat ukur tingkat pencemaran udara (karbon monoksida (co) dan nitrogen dioksida (no2)) pada sektor pertanian berbasis iot

1	10	132	122	10	10
2	20	145	129	16	16
3	30	151	130	21	21
4	40	156	157	1	1
5	50	159	148	11	11
6	60	162	144	18	18
7	70	165	157	8	8
8	80	167	170	3	3
9	90	169	153	16	16
10	100	170	180	10	10
		Rata-rata error		11,4	11,4%

Tabel 4 merupakan percobaan dua kali untuk setiap pengumpulan data sampel pada waktu yang sama. Kemudian dari percobaan tersebut akan diperoleh rata-rata pembacaan CO. Hasil pengujian sampai dengan 10 kali sampel didapatkan rata-rata error sebesar 11,4%.

Pengujian Sensor MQ135

Acuan pengujian sensor MQ135 didapat dari jurnal yang berjudul “Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Fuzzy Logic” yang dibuat oleh Qory Hidayati pada tahun 2020. Pengujian sensor MQ135 bertujuan untuk mengetahui kadar NO2 dengan menambahkan gas pencemar udara dengan mengambil 10 sampel dengan waktu berbeda. Hasil Pengujian sensor MQ135 dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Pengujian Sensor MQ135

No	Waktu (detik)	NO2 (1)	NO2 (2)	Selisih	Error%
1	10	0,84	0,92	0,08	8,7
2	20	2,05	2,02	0,03	1,5
3	30	2,21	2,53	0,32	12,7
4	40	2,75	2,61	0,14	5,1
5	50	2,84	2,49	0,35	12,4
6	60	2,91	2,61	0,30	10,4
7	70	3,29	3,17	0,12	3,7
8	80	3,31	3,42	0,11	3,3
9	90	3,96	3,84	0,12	3,1
10	100	4,94	4,66	0,28	5,7
		Rata-rata error		0,185	6,66%

Tabel 5 merupakan percobaan dua kali untuk setiap pengumpulan data sampel pada waktu yang sama. Kemudian dari percobaan tersebut akan diperoleh rata-rata pembacaan NO2. Hasil pengujian sampai dengan 10 kali sampel didapatkan rata-rata error sebesar 6,66%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan dari Sistem Pengukuran Tingkat Pencemaran Udara (Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Dioksida (No2)) Pada Sektor Pertanian Dengan Metode Logika *Fuzzy* Berbasis *IoT*, antara lain:

- a. Menggunakan mikrokontroler Arduino UNO, ESP 8266 dan kombinasi sensor MQ135 untuk mendeteksi nitrogen dioksida (NO₂) dan sensor MQ7 untuk mendeteksi karbon monoksida (CO). Maka, pengukuran pencemaran udara dapat diukur dengan akurasi error sensor MQ7 sebesar 11,4% dan errorsensor MQ135 sebesar 6,66%.
- b. Sistem ini terintegrasi antara perangkat lunak dan perangkat keras. Sistem telah mengimplementasikan kecerdasan buatan menggunakan metode *fuzzy* Sugeno dengan akurasi 100%.
- c. Sistem dapat memberikan luaran berupa 5 tingkat pencemaran udara dengan menggunakan parameter gas CO dan gas NO₂. Sehingga sistem tersebut dapat membantu dalam melakukan pengukuran.

Saran

Saran yang dapat dijadikan sebagai data yang berguna untuk perbaikan di masa yang akan datang adalah:

- a. Sistem pengukuran tingkat pencemaran udara dapat dilakukan penambahan gas metana (CH₄), dikarenakan gas metana juga termasuk dalam gas pencemar udara pada sektor pertanian.
- b. Pada penelitian saat ini masih menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dan ESP8266 untuk kedepannya disarankan untuk menggunakan mikrokontroler *raspberry pi*.
- c. Dalam penelitian ini sensor CO dan NO₂ yang digunakan adalah MQ7 dan MQ135 diharapkan mengganti dengan sensor MICS-6814.

5. REFERENSI

- [1] N. P. D. Arwini, "Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kualitas Udara Di Provinsi Bali," *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, vol. 2, no. 2. Universitas Mahendradatta, pp. 20–30, 2020. doi: 10.47532/jiv.v2i2.86.
- [2] N. Syamiah, "PENCEMARAN UDARA DALAM RUANGAN (KARBON DIOKSIDA DAN TOTAL SENYAWA ORGANIK VOLATILE) SERTA GANGGUAN PARU PADA SISWA SD DI DEPOK," *JOURNAL OF BAJA HEALTH SCIENCE*, vol. 1, no. 2. Universitas Banten Jaya, pp. 126–140, 2021. doi: 10.47080/joubahs.v1i02.1485.
- [3] D. Karyadi, "Studi Pencemaran Udara Oleh Kendaraan Bermotor," *Jurnal Kimia dan Kemasan*. Center For Chemical & Packaging (Balai Besar Kimia & Kemasan), pp. 15–15, 2014. doi: 10.24817/jkk.v0i0.5141.
- [4] I. Ismiyati, D. Marlita, and D. Saidah, "Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor," *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*, vol. 1, no. 3. Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, pp. 241–241, 2014. doi: 10.54324/j.mtl.v1i3.23.
- [5] H. Haruna, L. Lahming, F. Amir, and A. R. Asrib, "Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan," *UNM Environmental Journals*, vol. 2, no. 2. Universitas Negeri Makassar, pp. 57–57, 2019. doi: 10.26858/uej.v2i2.10092.
- [6] S. Sukmawati, M. Dahlan, and R. Dela, "ANALISA PENCEMARAN SUNGAI MANDAR DENGAN BIOINDIKATOR MAKROINVERTEBRATA MELALUI METODE BIOTILIK," *Bina Generasi : Jurnal Kesehatan*, vol. 12, no. 2. Stikes Bina Generasi Polewali Mandar, pp. 48–52, 2021. doi: 10.35907/bgjk.v12i2.165.
- [7] S. Sumingkrat, "Pencemaran Logam Berat Terhadap Biota Laut," *Jurnal Kimia dan Kemasan*. Center For Chemical & Packaging (Balai Besar Kimia & Kemasan), pp. 19–19, 2014. doi: 10.24817/jkk.v0i0.5158.
- [8] I. Isti' anah, S. Najah, and S. H. P. Pratiwi, "Pengaruh Pencemaran Limbah Detergen terhadap Biota Air," *Jurnal Envscience*, vol. 1, no. 1. Universitas Islam Lamongan, 2018. doi: 10.30736/lijev.v1iiss1.51.
- [9] J. Salim, "POTENSI PENCEMARAN LIMBAH INDUSTRI TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT DAN BIOTA AIR DI WILAYAH PESISIR CILEGON," *Jurnal Air Indonesia*, vol. 10, no. 1. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), 2019. doi: 10.29122/jai.v10i1.3752.
- [10] N. Arminarahmah and M. Rasyidan, "PROTOTYPE PENGUKUR KUALITAS UDARA PM10 BERBASIS INTERNET Of THINGS (IoT)," *Technologia: Jurnal Ilmiah*, vol. 9, no. 2. Universitas Islam Kalimantan MAB Banjarmasin, pp. 101–101, 2018. doi: 10.31602/tji.v9i2.1373.
- [11] H. Nufus and Z. Zuriat, "SOSIALISASI DAMPAK PENCEMARAN PLASTIK TERHADAP BIOTA LAUT KEPADA MASYARAKAT DI PANTAI LHOK BUBON ACEH BARAT," *Jurnal Marine Kreatif*, vol. 3, no. 2. Universitas Teuku Umar, 2020. doi: 10.35308/jmk.v3i2.2286.
- [12] L. Perdanasari *et al.*, "Pengukuran Karakteristik Lahan Berbasis Internet of Things," *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, vol. 3, no. 3, pp. 169–175, 2021.

- [13] “Perancangan Budidaya Pakcoy dan Lobster Menggunakan Sistem Aquaponic Berbasis Internet of Things | Utomo | Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM).” <https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/jecom/article/view/3600> (accessed Jan. 13, 2023).
- [14] D. T. U. Denny Trias Utomo, “Perancangan Sistem Monitoring Pergerakan Lobster Air Tawar Berbasis Internet of Things (IoT),” *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [15] R. Satra and A. Rachman, “Pengembangan Sistem Monitoring Pencemaran Udara Berbasis Protokol ZIGBEE dengan Sensor CO,” *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 8, no. 1. Universitas Muslim Indonesia, pp. 17–17, 2016. doi: 10.33096/ilkom.v8i1.8.17-22.
- [16] Y. Ristia, “Pengendalian Pencemaran Udara,” *Jurnal El-Thawalib*, vol. 3, no. 2. IAIN Padangsidempuan, pp. 375–386, 2022. doi: 10.24952/el-thawalib.v3i2.5331.