

SISTEM CERDAS DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN JENIS TANAMAN BERDASARKAN KADAR KARBON MONOKSIDA (CO) DI UDARA MENGGUNAKAN ALGORITMA FUZZY PADA RASPBERRY PI 2 DENGAN KONSEP IINTERNET OF THINGS

Rafif Ansyari Siregar¹, Drs. Ir. Rumani M, Bc.TT., M.Sc², Anggunmeka Luhur Prasasti, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro – Univesitas Telkom

Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

rafif.droid@gmail.com¹, rumani@telkomuniversity.ac.id², anggunmeka@staff.telkomuniversity.ac.id³

ABSTRAK

Pada saat ini jumlah pengguna mesin pada pabrik dan kendaraan bermotor semakin bertambah besar. Permasalahan polusi udara terutama karbonmonoksida (CO) di daerah perkotaan memasuki kategori yang mengkhawatirkan. Telah terdapat studi literatur yang telah melakukan pengujian terhadap tanaman dalam penyerapan karbonmonoksida (CO) yang dikhususkan untuk tanaman penghijauan. Terdapat faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan tanaman tersebut, antara faktor penyerapan dan faktor harga

Tujuan dari penelitian ini adalah aplikasi dapat memberikan saran tanaman yang akan digunakan untuk penghijauan dalam proses satu bulan penelitian. Dengan memanfaatkan konsep *Internet of Things* dalam pengiriman data kadar karbonmonoksida (CO) yang disimpan dan diolah pada *server* Raspberry Pi 2 serta pemantauan data kadar karbon monoksida (CO) di udara.

Algoritma *fuzzy* merupakan salah satu dari algoritma dalam kecerdasan buatan, algoritma ini dapat digunakan dalam membandingkan faktor penyerapan dan faktor harga dengan mentoleransi setiap perbedaan bagian kategorinya sehingga dihasilkan nilai yang menjadi penilaian antar tanaman. Dengan menggunakan algoritma *fuzzy* keluaran dari sistem berupa nilai kelayakan yang akan digunakan oleh sistem untuk penyeleksian tanaman.

Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan pada sistem, antara lain adalah pengujian blackbox, pengujian *fuzzy* dengan perhitungan manual, pengujian ISPU, pengujian saran tanaman yang disarankan sistem. Seluruh hasil pengujian blackbox memiliki hasil sistem berjalan sempurna, hasil pengujian *fuzzy* tidak memiliki perbedaan dengan perhitungan manual, pengujian ISPU sudah sesuai dengan aturan yang ditetapkan, serta pengujian saran tanaman aplikasi dapat membedakan jenis tanaman dan memberikan saran tanaman sesuai dengan anggaran, luas tanah, dan metode penanaman.

Kata Kunci: Raspberry Pi, *Internet of Things*, Pencemaran udara, Algoritma fuzzy, Fuzzy algorithm, ISPU, Indeks Standar Pencemaran Udara.

ABSTRACT

At this time the number of machine users in factories and motor vehicles is growing. The problems of air pollution, especially carbon monoxide (CO) in urban areas enter into an alarming category. There have been literature studies that have tested the plants in carbon monoxide (CO) absorption devoted to greenery. There are factors to be considered in the selection of the plant, between absorption factor and price factor

The purpose of this study is the application can provide plant advice that will be used for reforestation in the process of one month of research. By utilizing the concept of Internet of Things in sending data of carbon monoxide (CO) content stored and processed on Raspberry Pi 2 server and monitoring data of carbon monoxide (CO) in air.

The fuzzy algorithm is one of the algorithms in artificial intelligence, this algorithm can be used in comparing absorption factor and price factor by mentoleransi each difference of the category part so that the value generated becomes the valuation between plants. By using fuzzy algorithm output from the system in the form of feasibility value that will be used by the system for the selection of plants.

There are several tests performed on the system, including blackbox testing, fuzzy testing with manual calculations, ISPU testing, recommended plant suggestion testing system. All the results of blackbox testing have the results of the system running perfectly, fuzzy test results do not have differences with manual calculations, ISPU testing is in accordance with the rules are mapped, as well as testing plant application advice can distinguish the types of plants and provide plant advice in accordance with budget, land area, and Methods of planting.

Keywords: Raspberry Pi, Internet of Things, air pollution, fuzzy algorithm, Fuzzy algorithm, ISPU, Air Pollution Standard Index.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transportasi merupakan sumber pencemaran udara yang terbesar, dimana 70% pencemaran udara diperkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor^[8]. Salah satu polutan yang berbahaya dan memiliki tingkat polutan yang tinggi adalah karbon monoksida (CO)^[7]. Pada beberapa jalan perkotaan, terdapat alat pengukur Standar Indeks Pencemaran Udara (ISPU) untuk mengetahui kadar pencemaran udara yang ada.- Penanaman tanaman merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan dalam meminimalisir pencemaran. Terdapat studi literatur tentang kemampuan reduksi tanaman terhadap karbon monoksida (CO) dari beberapa jenis tanaman, namun setiap tanaman tersebut memiliki harga masing - masing. Dalam pembagian kategori yang meliputi segi faktor penyerapan dan faktor harga memiliki perbedaan pendapat antar manusia.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut terdapat logika yang dikembangkan oleh Lotfi Aliasker Zadeh pada tahun 1965 yang dapat menangani perbedaan. Logika tersebut adalah *fuzzy logic*^{[9] [13]}. Pemantauan kadar karbon monoksida dapat dilakukan dengan menggunakan modul dan sensor karbon monoksida dan mengirimkan data pencemaran tersebut ke server berbasis Raspberry Pi 2 dengan konsep *Internet of Things*. Data tersebut merupakan salah satu penunjang sistem dalam menentukan jenis tanaman yang disarankan.

Pada saat ini, telah terdapat banyak *device* yang dapat digunakan dalam mengakses sistem. Permasalahan ini dapat diatasi dengan membuat sistem menjadi *cross platform* dengan menggunakan aplikasi web yang dapat diakses oleh banyak *device*.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah di paparkan, maka perumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana sistem dapat membantu pengguna dalam memantau kadar karbon monoksida (CO) sesuai dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dan membantu pengguna dalam memilih tanaman berdasarkan penilaian oleh sistem dengan menggunakan algoritma fuzzy.

1.3. Tujuan

Tujuan tugas akhir ini antara lain adalah mendapatkan hasil Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) berdasarkan kadar karbon monoksida (CO) dan memberikan penilaian terhadap tanaman menggunakan algoritma fuzzy sesuai dengan data yang ada.

1.4. Batasan Masalah

- Sampel harga diambil dari salah satu toko tanaman,
- Hasil penilaian sistem berupa perhitungan *defuzzification* dari data penelitian bukan implementasi langsung pada setiap tanaman,
- Perhitungan jumlah tanaman terhadap luas wilayah dilakukan dengan aturan yang telah di tetapkan berdasarkan jarak tanaman.

II. TEORI DASAR

2.1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau biasa disingkat IoT adalah revolusi teknologi dalam komunikasi masa depan dan komputasi yang didasarkan pada konsep tempat setiap saat konektivitas untuk apa pun.

2.2. Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

Hypertext Transfer Protocol atau biasa disingkat HTTP adalah suatu protokol ataupun aturan yang memungkinkan terjadinya sebuah komunikasi antara client dan server dalam hal melakukan request maupun respond. Dalam OSI Layer, HTTP termasuk dalam lapis Aplikasi.

2.3. Bootstrap Framework

Bootstrap framework adalah sebuah framework CSS dari Twitter yang menyediakan komponek-komponen antarmuka siap pakai dan telah dirancang sedemikian rupa untuk keperluan desain halaman website yang artistik^[3]. Pada framework ini terdapat beberapa bahasa pemrograman yang sudah dijadikan satu paket antara lain HTML, CSS, dan JavaScript. Dengan Bootstrap, programmer dapat terbantu dalam desain web yang responsif hanya menggunakan syntax yang telah disediakan oleh Bootstrap dan juga tersedia berbagai macam plugin.

2.4. Linux Apache MySQL/MariaDB, PHP/Python (LAMP)

Linux Apache MySQL/MariaDB, PHP/Python atau biasa dikenal dengan istilah LAMP merupakan satu paket perangkat lunak yang terdiri dari beberapa perangkat lunak untuk membangun sebuah web server bersistem operasi Linux. Pada sistem operasi Windows terdapat paket yang sama seperti LAMP yang biasa dikenal dengan WAMP.

2.5. Tanaman Pereduksi Karbonmonoksida (CO)

Untuk menambah pengetahuan sistem berbasis logika fuzzy, digunakan beberapa tabel hasil penelitian yang telah ada tentang tanaman pereduksi karbonmonoksida (CO) sesuai jenis dari tanaman tersebut. Tanaman pereduksi karbonmonoksida (CO) terbagi menjadi 3 jenis yaitu, pohon, perdu, dan semak.

2.6. Sistem Berbasis Aturan Fuzzy

Suatu sistem berbasis aturan fuzzy terdiri dari fuzzification, rule evaluation, dan defuzzification dimana pada sistem tersebut dilakukan pemrosesan berdasarkan pengetahuan fuzzy. Berikut diagram blok dari sistem berbasis aturan fuzzy.

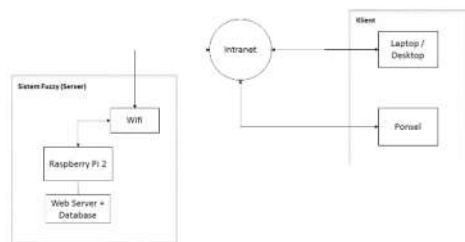
2.7. Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) adalah pedoman teknis perhitungan dan pelaporan serta informasi indeks standar pencemar udara yang ditetapkan oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL).

III. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

3.1 Gambaran Umum Sistem

Adapun gambaran umum sistem adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Skema Umum Sistem

Dari skema diatas dapat dilihat bahwa

1. Seluruh devices saling terhubung ke jaringan intranet
2. Raspberry Pi 2 berfungsi sebagai IoT Server.
3. Laptop, Desktop, Ponsel berfungsi sebagai IoT Client.

Skema diatas adalah skema untuk mengimplementasikan konsep Internet of Things namun pada skala jaringan intranet. Pengaksesan Raspberry Pi 2 menggunakan browser karena aplikasi yang digunakan berbasis web. Pada web menampilkan kadar ISPU dan bisa dilakukan pengujian penilaian terhadap tanaman.

3.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Untuk melakukan pengujian terhadap tanaman yang akan digunakan, terlebih dahulu dilakukan peninjauan harga demi mendapatkan hasil penelitian yang baik. Berikut laporan peninjauan harga yang didapatkan pada salah satu toko tanaman di Bandung.

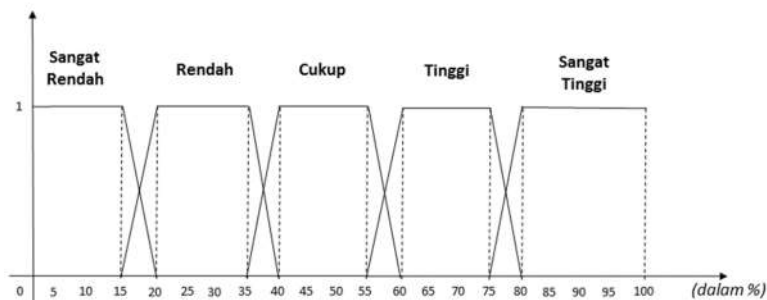
Tabel 3.1 Tabel Harga dan Penyerapan Setiap Jenis Tanaman

No	Nama	Jenis	Harga	Penyerapan
1	Ganitri (<i>Elaeocarpus sphaericus</i>)	Pohon	Rp. 150.000,-	81.53 %
2	Bungur (<i>Lagerstroemia flos-reginae</i>)	Pohon	Rp. 250.000,-	78.75 %
3	Cempaka (<i>Michellia champaca</i>)	Pohon	Rp. 250.000,-	73.33 %
4	Saputangan (<i>Maniltoa grandiflora</i>)	Pohon	Rp. 100.000,-	70.28 %
5	Tanjung (<i>Mimusops elengi</i>)	Pohon	Rp. 300.000,-	69.58 %
6	Kupu-kupu (<i>Bauhinia sp</i>)	Pohon	Rp. 500.000,-	69.58 %
7	Acet (<i>Spathodea campanulata</i>)	Pohon	Rp. 125.000,-	59.44 %
8	Felicium (<i>Filicium decipiens</i>)	Pohon	Rp. 150.000,-	28.75 %
9	Iriansis (<i>Impatiens sp</i>)	Perdu	Rp. 10.000,-	89.00 %
10	Dawolong (<i>Acalypha compacta</i>)	Perdu	Rp. 7.500,-	87.00 %
11	Nusa Indah Merah (<i>Mussaenda erythrophylla</i>)	Perdu	Rp. 25.000,-	82.00 %
12	Saliara (<i>Lantana camara</i>)	Perdu	Rp. 5.000,-	81.00 %
13	Oleander (<i>Nerium oleander</i>)	Perdu	Rp. 15.000,-	81.00 %
14	Kacapiring (<i>Gardenia jasminoides</i>)	Perdu	Rp. 25.000,-	81.00 %
15	Harendong (<i>Melastoma malabathricum</i>)	Perdu	Rp. 10.000,-	79.00 %
16	Wilkesiana Merah (<i>Acalypha wilkesiana</i>)	Perdu	Rp. 15.000,-	77.00 %
17	Walisongo (<i>Schefflera arboricola</i>)	Perdu	Rp. 15.000,-	67.00 %
18	Pecah beling (<i>Sericocalyx crispus</i>)	Perdu	Rp. 3.500,-	67.00 %
19	Lolipop Merah (<i>Pachystachys coccinea</i>)	Perdu	Rp. 7.500,-	57.00 %
20	Azalea (<i>Rhododendron indicum</i>)	Perdu	Rp. 25.000,-	54.00 %
21	Kembang Sepatu (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>)	Perdu	Rp. 25.000,-	33.00 %
22	Philodendron (<i>Philodendron sp</i>)	Semak	Rp. 20.000,-	92.00 %
23	Myana (<i>Eresine herbstii</i>)	Semak	Rp. 4.000,-	77.00 %
24	Maranta (<i>Maranta sp</i>)	Semak	Rp. 7.500,-	73.00 %
25	Pentas (<i>Pentas lanceolata</i>)	Semak	Rp. 5.000,-	72.00 %
26	Mutiara (<i>Pilea cadierei</i>)	Semak	Rp. 9.000,-	69.00 %
27	Babayeman Merah (<i>Aerva sanguinolenta</i>)	Semak	Rp. 5.000,-	68.00 %
28	Gelang (<i>Portulaca grandiflora</i>)	Semak	Rp. 5.000,-	68.00 %
29	Plumbago (<i>Plumbago auriculata</i>)	Semak	Rp. 7.500,-	60.00 %
30	Rumput Gajah (<i>Pennisetum purpureum</i>)	Semak	Rp. 25.000,-	52.00 %
31	Pacing (<i>Costus malortianus</i>)	Semak	Rp. 12.500,-	41.00 %
32	Kriminil Merah (<i>Althernanthera ficoidea</i>)	Semak	Rp. 2.500,-	35.00 %

3.3 Perancangan Pengetahuan dan Logika Fuzzy

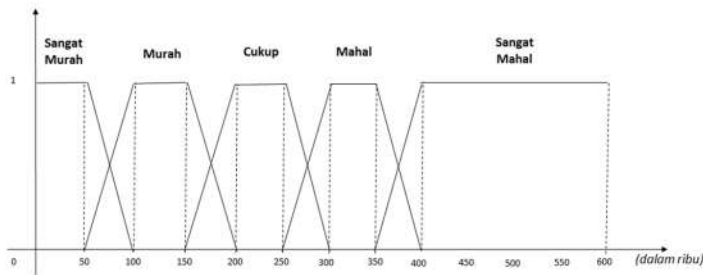
Berdasarkan Tabel 3.1, dirancang 2 jenis fungsi keanggotaan fuzzy yaitu fungsi keanggotaan penyerapan dan fungsi keanggotaan harga dimana fungsi keanggotaan harga terbagi menjadi 3 bagian berdasarkan tanaman pohon, tanaman perdu atau semak.

Pada bagian penyerapan terdapat nilai penyerapan dari 0 % hingga 100 %, dimana skala tersebut akan dibagi menjadi 5 jenis variabel linguistik [Sangat Rendah, Rendah, Cukup, Tinggi, Sangat Tinggi] dengan rentang fuzzy sebagai berikut :



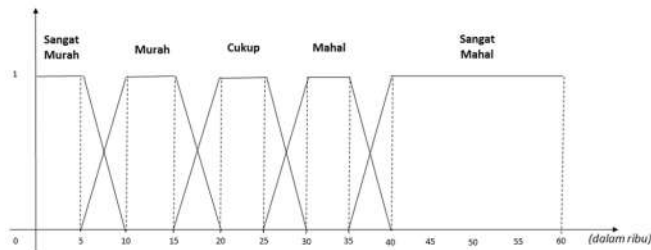
Gambar 3.3 Pembagian nilai fungsi keanggotaan penyerapan

Pada bagian harga tanaman pohon terdapat rentang harga dari Rp. 0 hingga Rp. 600.000, dimana skala tersebut akan dibagi menjadi 5 jenis himpunan variabel linguistik [Sangat Murah, Murah, Cukup, Mahal, Sangat Mahal] dengan rentang *fuzzy* sebagai berikut :



Gambar 3.4 Pembagian nilai fungsi keanggotaan harga pohon

Pada bagian harga tanaman perdu dan semak terdapat rentang harga dari Rp. 0 hingga Rp. 60.000, dimana skala tersebut akan dibagi menjadi 5 jenis himpunan variabel linguistik [Sangat Rendah, Rendah, Cukup, Tinggi, Sangat Tinggi] dengan rentang *fuzzy* sebagai berikut :



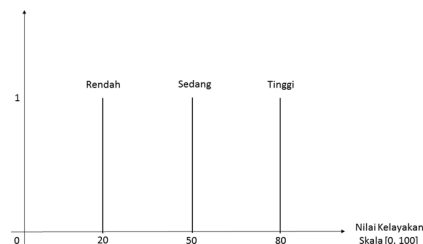
Gambar 3.5 Pembagian nilai fungsi keanggotaan harga dari perdu dan semak

Sebelum memasuki proses *inference*, terlebih dahulu ditetapkan aturan fuzzy (*fuzzy rules*) dimana aturan ini dapat membantu menentukan Nilai Kelayakan (NK) pada proses *inference*.

Tabel 3.2 Aturan Fuzzy (Fuzzy Rules)

Penyerapan Harga	Sangat Rendah	Rendah	Cukup	Tinggi	Sangat Tinggi
Sangat Murah	Rendah	Rendah	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Murah	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi
Cukup	Rendah	Rendah	Sedang	Sedang	Tinggi
Mahal	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi
Sangat Mahal	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang

Proses *inference*. Terdapat beberapa metode *inference* yang bisa digunakan, namun pada penelitian ini menggunakan metode Sugeno. Berikut singleton yang digunakan pada metode Sugeno

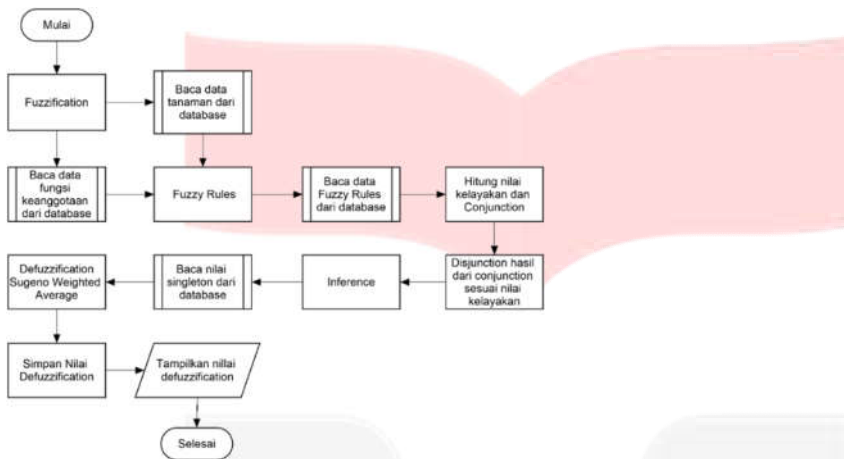


Gambar 3.6 Grafik Singleton Metode Sugeno

Pada proses defuzzification metode yang dapat dipilih untuk kasus pada penelitian ini adalah menggunakan Weighted Average karena metode ini mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan.

3.4 Proses Fuzzy

Proses fuzzy, sesuai dengan aturan fuzzy, yang pertama dilakukan adalah fuzzification kemudian dilakukan proses pembacaan data fuzzy rules, setelah itu data diproses secara conjunction dan disjunction, lalu data melewati proses inference dan proses terakhir adalah proses defuzzification. Setelah data di defuzzification, maka data akan disimpan pada database.



Gambar 3.10 Diagram Alir Proses Fuzzy

IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

4.1 Pengujian Fuzzy Dengan Perhitungan Manual

Pengujian hasil perhitungan sistem dan manual ditujukan untuk mengetahui selisih ataupun *error* yang terjadi pada sistem. Berikut adalah daftar hasil pengujian perhitungan sistem dan manual.

Tabel 4.1 Pengujian Fuzzy dan Manual Pada Tanaman Perdu

No.	Nama	Sistem	Manual
1	Iriansis (<i>Impatien sp</i>)	80.00	80.00
2	Dawolong (<i>Acalypha compacta</i>)	80.00	80.00
3	Nusa Indah Merah (<i>Mussaenda erythrophylla</i>)	80.00	80.00
4	Saliara (<i>Lantana camara</i>)	80.00	80.00
5	Oleander (<i>Nerium oleander</i>)	80.00	80.00
6	Kacapiring (<i>Gardenia jasminoides</i>)	80.00	80.00
7	Harendong (<i>Melastoma malabathricum</i>)	80.00	80.00
8	Wilkesiana Merah (<i>Acalypha wilkesiana</i>)	80.00	80.00
9	Walisongo (<i>Schefflera arboricola</i>)	80.00	80.00
10	Pecah beling (<i>Sericocalyx crispus</i>)	80.00	80.00
11	Lolipop merah (<i>Pachystachys coccinea</i>)	65.00	65.00
12	Azalea (<i>Rhododendron indicum</i>)	50.00	50.00
13	Kembang sepatu (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>)	20.00	20.00

Tabel 4.2 Pengujian Sistem dan Manual Pada Tanaman Pohon

No.	Nama	Sistem	Manual
1	Ganitri (<i>Elaeocarpus sphaericus</i>)	80.00	80.00
2	Bungur (<i>Lagerstroemia flos-reginae</i>)	72.50	72.50
3	Cempaka (<i>Michellia champaca</i>)	50.00	50.00
5	Saputangan (<i>Maniltoa grandiflora</i>)	80.00	80.00
6	Tanjung (<i>Mimusops elengi</i>)	50.00	50.00
7	Kupu-kupu (<i>Bauhinia sp</i>)	20.00	20.00
8	Acet (<i>Spathodea campanulata</i>)	76.64	76.64
10	Felicium (<i>Filicium decipiens</i>)	20.00	20.00

Tabel 4.3 Pengujian Fuzzy dan Manual Pada Tanaman Perdu

No.	Nama	Sistem	Manual
1	Philodendron (<i>Philodendron sp</i>)	80.00	80.00
2	Myana (<i>Eresine herbstii</i>)	80.00	80.00
3	Maranta (<i>Maranta sp</i>)	80.00	80.00
4	Pentas (<i>Pentas lanceolata</i>)	80.00	80.00
5	Mutiara (<i>Pilea cadierei</i>)	80.00	80.00
6	Babayeman Merah (<i>Aerva sanguinolenta</i>)	80.00	80.00
7	Gelang (<i>Portulaca grandiflora</i>)	80.00	80.00
8	Plumbago (<i>Plumbago auriculata</i>)	78.41	78.41
9	Rumput Gajah (<i>Pennisetum purpureum</i>)	50.00	50.00
10	Pacing (<i>Costus malortianus</i>)	50.00	50.00
11	Kriminil Merah (<i>Althernanthera ficoidea</i>)	21.68	21.68

Berdasarkan perhitungan sistem terhadap ketiga jenis tanaman dibandingkan dengan perhitungan manual, tidak terdapat perbedaan yang dapat disimpulkan tidak terdapat error pada sistem.

4.2 Pengujian Dengan Metode Titik Tanam

Pengujian dengan model titik tanam pertama kategori ISPU = baik. Hasil keluaran berupa :

Analisis Sistem :

ISPU = 10.000
 Kategori = Baik
 Jumlah Tanaman = 1
 Panjang Minimum = 10.3
 Lebar Minimum = 6.3
 Anggaran Pertanaman = 450000

Tanaman Jenis Pohon :

Nama	Penyerapan	Harga	Penilaian
Saputangan (<i>Maniltoa grandiflora</i>)	70.28	100000	80.00
Ganitri (<i>Elaeocarpus sphaericus</i>)	81.53	150000	80.00

Gambar 4.1 Pengujian Titik Tanam Pertama

Analisis Sistem :

ISPU = 10,000 dan Kategori = Baik

Jumlah Tanaman = 1

Panjang Minimum = 10.3 m dan Lebar Minimum = 6.3 m

Tanaman yang disarankan berdasarkan jenis pohon :

- Saputangan (*Maniltoa grandiflora*)
- Ganitri (*Elaeocarpus sphaericus*)

Pengujian dengan model titik tanam pertama kategori ISPU = sedang. Hasil keluaran berupa :

Analisis Sistem :

ISPU = 100.000
 Kategori = Sedang
 Jumlah Tanaman = 1
 Panjang Minimum = 10.3
 Lebar Minimum = 6.3
 Anggaran Penanaman = 450000

Tanaman Jenis Pohon :

Nama	Penyerapan	Harga	Penilaian
Gantri (Elaeocarpus sphaericus)	81.53	150000	80.00
Saputangan (Maniltoa grandiflora)	70.28	100000	80.00

Gambar 4.11 Pengujian Titik Tanam Pertama

Analisis Sistem :

ISPU = 100,000 dan Kategori = Sedang
 Jumlah Tanaman = 1
 Panjang Minimum = 10.3 m dan Lebar Minimum = 6.3 m
 Tanaman yang disarankan berdasarkan jenis pohon :

- Ganitri (Elaeocarpus sphaericus)
- Saputangan (Maniltoa grandiflora)

Berdasarkan dengan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja dengan baik, dikarenakan tidak ada perbedaan antara perhitungan *fuzzy* oleh sistem dengan manual, perhitungan jumlah tanaman berdasarkan luas wilayah dan titik tanam sudah sesuai dengan aturan yang berlaku. Untuk pemilihan tanaman, sistem menyesuaikan dengan kategori ISPU berdasarkan kadar karbon monoksida yang terukur.

VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Novianti, "Slide Presentasi Kuliah Sistem Komputer : Lesson 4 Sistem Fuzzy Sem II 2014," 2014, 2012.

[2] F. Ghifari, Perancangan Perangkat Keamanan Dapur Pintar Dengan Raspberry Pi Berbasis Internet Of Things (IoT), Bandung: Telkom University, 2016.

[3] Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, "Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara," Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1997.

[4] M. Richardson dan S. Wallace, Getting Started with Raspberry Pi, United States of America: O'Reilly Media, 2012.

[5] M. Shi, "Software Functional Testing from the Perspective of Business Practice Computer and Information Science," 2010.

[6] MENTERI PEKERJAAN UMUM, "Pedoman Penanaman Pohon Pada Sistem Jaringan Jalan," 2012.

[7] N. Kusminingrum dan G. Gunawan, "Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor Di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali," Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung, 2008.

[8] N. Kusminingrum, "Potensi Tanaman Dalam Menyerap CO2 dan CO," *Jurnal Permukiman*, vol. III, pp. 96-105, 2008.

[9] Suyanto, Artificial Intelligence, Searching, Reasoning, Planning dan Learning Revisi Kedua, Bandung: Informatika, 2014.

[10] Suyanto, Buku Ajar Intelejensia Buatan, Bandung: Jurusan Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, 2002.

[11] T. A. B. Wirayuda, "KMA_CSG3G3_Reasoning_2_Fuzzy," Teknik Informatika Universitas Telkom, Bandung, 2016.

[12] Tim Litbang Wahana Komputer, Responsive Web Design with Bootstrap, Semarang: Andi, 2016.

[13] W. Budihartoto dan D. Suhartono, Artificial Intelligence Konsep dan Penerapannya, Yogyakarta: Andi, 2014.