

Quality Otomation System and monitoring of Bok Choy (Brassica chinensis L.) in Hydroponic Greenhouses based on Fuzzy Logic using Arduino Uno

Sistem Otomasi dan Monitoring Kualitas Pakcoy (*Brassica chinensis L.*) pada Greenhouse Hidroponik berbasis *Fuzzy Logic* menggunakan Arduino Uno

Farih Khafiyyan¹, Radita Febrianti^{2*}, Lazuardi Siddiq Amin Pradana³, M Farhan Syamsudin⁴, Indi Jaka Nugraha¹, Dwi Yulinar Chairunisa^{2*}, Ridwan Siskandar^{1*}

Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Sekolah Vokasi, IPB University
Jl. Kumbang No.14, RT.02/RW.06, Babakan, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia.
email: ridwansiskandar@apps.ipb.ac.id; dwi.yulinar8@gmail.com; febriantiradita@gmail.com

Article Submitted : 08-05-2023

Article Accepted : 17-07-2023

ABSTRACT

Hydroponic greenhouses are a form of maintenance optimal plants with minimal water use. However, growing plants in this environment requires careful monitoring and control of various parameters such as pH and nutrient availability. In this study, we used NFT Hydroponics (Nutrient Film Technique) a soilless plant cultivation technique that uses nutrient solutions flowing in shallow channels under plant roots. This method allows efficient and optimal plant growth with less use of water and nutrients compared to conventional cultivation. The pakcoy quality monitoring system in this hydroponic greenhouse is made using an Arduino Uno microcontroller equipped with a dfrobot pH sensor and a dfrobot tds sensor to monitor the quality of the bok choy plants automatically. We get the data by the tool will be processed using fuzzy logic to control the pH quality of the water and the nutrients of the bok choy plants to maximize the efficiency and production of the bok choy plants. The results showed that using this technology can monitor and control the water quality and environment for bok choy growth efficiently and accurately.

Keywords: *Monitoring, Ph, Nutrition, Hydroponic, nft, greenhouse, Arduino Uno, Fuzzy Logic.*

PENDAHULUAN

Menurut (Iswanda & Nasution, 2022), hidroponik merupakan budidaya bidang pertanian menggunakan air atau larutan cair sebagai media tanam yang berisi larutan yang mengandung nutrisi dan tanpa menambahkan tanah sebagai media tanamnya. Menurut (Amal et al., 2022), hidroponik berarti tumbuh di air yang mengandung berbagai nutrisi. Hidroponik yaitu teknik menanam menggunakan air sebagai media tanamnya. Teknik hidroponik ini bisa digunakan untuk menanam berbagai sayuran mulai dari kangkung, pakcoy, sawi, hingga pakcoy.

NFT merupakan salah satu model menanam hidroponik dengan cara menaruh akar pada area air nutrisi dengan ketinggian cukup dangkal. Air nutrisi tersebut akan tersirkulasi dengan baik dan mengandung nutrisi yang ideal untuk keperluan tanaman salah satunya menggunakan nutrisi AB mix. Akar bisa bertumbuh di area larutan yang mengandung nutrisi, dikarenakan pada sekitar akarnya terdapat larutan yang mengandung nutrisi, maka hal tersebut yang disebut dengan NFT (Nutrient Film Technique) (Wibowo & Asriyanti, 2013).

Menurut (Amrullah, 2017), monitoring merupakan suatu aktifitas memantau terhadap sesuatu yang ingin diketahui. Monitoring tanaman

hidroponik ini dilakukan di greenhouse. Greenhouse atau sering disebut teknologi rumah tanaman adalah salah satu solusi untuk mengendalikan keadaan iklim pada tanaman (Tando, 2019). Menurut penuturan tersebut, greenhouse ini bisa menjadi suatu alternatif yang bisa mengendalikan iklim yang tidak baik untuk tanaman hidroponik sehingga tanaman hidroponik bisa bertumbuh dengan baik dan maksimal tanpa adanya gangguan iklim.

Arduino UNO adalah suatu open source platform elektronik berbasis easy to use serta sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (Nasution et al., 2022). Arduino memiliki sistem dasar yang terdiri dari hardware dan software yang bisa memudahkan dalam penggunaannya. Penulis dapat menggunakan arduino untuk merancang alat monitoring kualitas pakcoy hidroponik, karena mudah dalam penggunaannya dan bersifat open source.

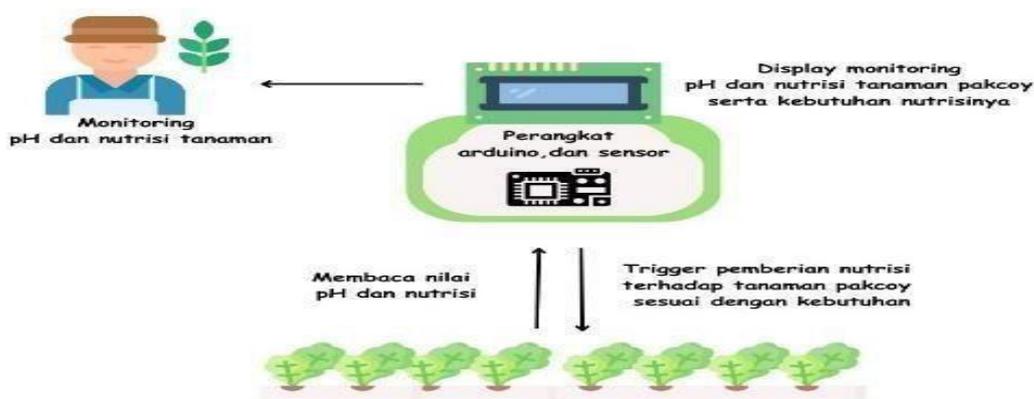
Penulis menggunakan fuzzy logic untuk melakukan pemecahan masalah yang ada. Menurut (Setia & Ramadan, 2019), *fuzzy logic* merupakan logika yang mengklaim nilai kekaburan yaitu memiliki nilai diantara benar atau salah. Logika fuzzy memiliki membership function dalam range nilai antara 0 hingga 1, dan bisa menunjukkan suatu nilai itu benar dan salah.

Menurut (Wahyuni et al., 2021), kebanyakan orang yang menanam hidroponik selalu melakukan pengecekan nutrisi sebanyak 14 kali setiap minggunya hal tersebut untuk menghitung kebutuhan-kebutuhan nutrisi tanaman agar terpenuhi, selain hal tersebut faktor temperatur lingkungan sekitar juga harus dalam keadaan optimal bagi tanaman. Namun, sebagian orang merasa melakukan hal tersebut dirasa kurang efisien di zaman perkembangan teknologi seperti sekarang. Selain itu, tidak semua orang mampu memahami cara perawatan yang benar untuk tanaman hidroponik yang ideal atau harus dijaga atau dicapai, terutama bagi orang yang baru terjun dalam merawat pakcoy hidroponik dan ingin mengembangkannya di greenhouse.

Dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih, hal ini bisa memberikan efisiensi terhadap kegiatan yang sebelumnya dilakukan secara manual. Oleh dengan alasan tersebut penulis membuat alat “Sistem Otomasi Kualitas pakcoy (*Brassica chinensis* L.) pada Greenhouse Hidroponik berbasis Fuzzy Logic menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno” dengan tujuan mempermudah dalam merawat tanaman hidroponik khususnya pakcoy, sehingga terhindar dari kesalahan dan human error dalam merawatnya

BAHAN DAN METODE

Penelitian sistem otomasi tanaman pakcoy hidroponik dengan sistem *fuzzy logic* dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2023 berlokasi di Sekolah Vokasi IPB University,



Gambar 1. Metode Pelaksanaan Sistem Otomasi Kualitas Pakcoy Hidroponik

Perancangan Hardware Sistem Otomasi Hidroponik Pakcoy

Pada sistem otomasi hidroponik pakcoy ini memiliki dua sensor penting, yaitu sensor TDS dfrobot dan sensor pH dfrobot. Dimana sensor tersebut menghasilkan output bernilai analog yang diubah menjadi nilai digital melalui ADC atau

Teknologi Rekayasa Komputer, Sekolah Vokasi IPB University.

Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan perancangan sistem otomasi kualitas pakcoy hidroponik mini ini antara lain pipa PVC, sensor TDS meter, sensor pH meter, relay 4 channel, *peristaltic pump*, LCD 16x2 library fuzzy logic, mikrokontroler arduino uno, arduino IDE, MATLAB, fritzing dan set alat pendukung, kemudian bahan yang akan digunakan adalah sampel dari air tandon RH Farm, larutan nutrisi AB mix dan cairan pH up, pH down yang memiliki fungsi masing - masing.

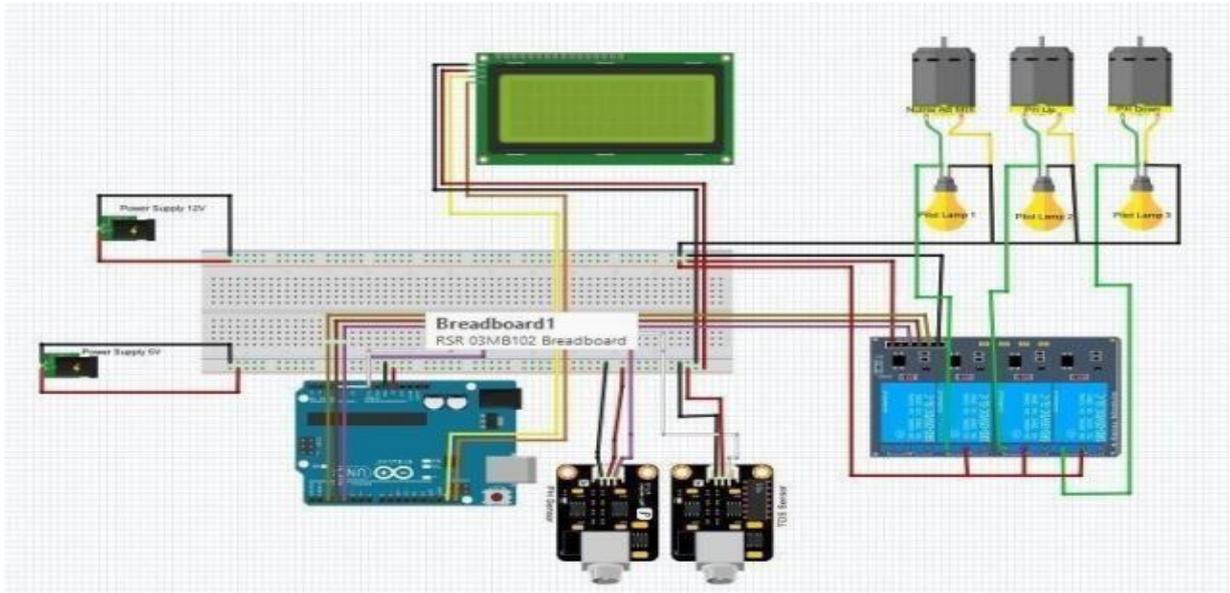
Metode Pelaksanaan Perancangan Sistem Otomasi Kualitas Pakcoy Hidroponik

Sistem dari hidroponik menggunakan nutritifit film technique atau NFT yang dapat membuat akar tanaman dapat tumbuh pada area dengan ketinggian dangkal dan bersirkulasi sehingga membuat hidroponik bisa mendapatkan oksigen, sumber air dan nutrisi yang cukup dan tentunya dapat menghemat penggunaan lahan tanaman dan penggunaan air menjadi lebih efisien (Mohammad et al). Untuk sirkulasi air, digunakan *peristaltic pump* sebagai pompa untuk mengatur nutrisi AB mix, pH up dan pH down.

Analog to Digital Converter yang ada pada papan arduino uno, kemudian terdapat relay empat channel, pompa air *peristaltic pump* berfungsi mengatur cairan pH up, pH down, dan TDS. Rangkaian dari perancangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Sistem Fuzzy Logic dan kalibrasi sensor melalui kode sketch menggunakan

bahasa pemrograman C++ dengan environment software editor Arduino IDE yang dihubungkan ke

Arduino UNO dan ditampilkan melalui serial monitor pada Arduino IDE (Irawan et al., 2021).



Gambar 2. Rancangan Hardware Sistem Otomasi Hidroponik Pakcoy

Pembuatan Software

Pembuatan Software pengontrolan nilai EC dan pH dilakukan setelah hardware yang dirancang sudah selesai. Pembacaan sensor akan dilakukan oleh mikrokontroler ATmega328 board arduino uno kemudian ditampilkan pada layar LCD. Menurut (Widodo et al., 2022), LCD ini banyak ditemui pada berbagai macam alat elektronik yang memiliki output tampilan seperti handphone dan televisi yang mempunyai 16 pin kaki jika menggunakan I2C menjadi 4 pin kaki. Hasil dari nilai pembacaan EC dan pH akan dijadikan sebagai aspek utama untuk memberikan perintah terhadap relay 4 channel agar pompa bernilai HIGH dan LOW yang artinya “ON” dan “OFF”. Jika sensor TDS mendeteksi nilai TDS < 1000 ppm, maka mikrokontroler akan memberikan perintah untuk menyalakan relay 1 dan 2 yang akan memberikan daya kepada pompa nutrisi AB mix untuk “ON” sehingga pompa menyala selama dua detik, jika pH > 1400, maka mikrokontroler akan memberikan perintah mematikan relay 1 dan 2 yang akan memutuskan daya ke pompa nutrisi AB mix untuk “OFF”. Jika pH < 7, maka mikrokontroler akan memberikan perintah menghidupkan relay 3 yang akan memberikan daya ke pompa pH up untuk “ON” selama dua detik. jika pH > 7, maka mikrokontroler akan memberikan perintah menghidupkan relay 4 yang akan memberikan daya ke pompa pH down untuk “ON” selama dua detik.

Uji Pengukuran Sistem Fuzzy Kualitas Pakcoy Hidroponik

Untuk menguji kualitas pakcoy hidroponik ini menggunakan *fuzzy logic* untuk mengetahui output yang tepat dari beberapa input yang memiliki aturan yang telah ditentukan, sehingga dapat menghasilkan keputusan yang tepat untuk kualitas pakcoy hidroponik yang penulis gagas. Penulis menggunakan *software* MATLAB (*Matrix Laboratory*) R2021 untuk merealisasikan metode *fuzzy logic* tersebut dengan tepat. *Software* MATLAB digunakan untuk proses pengembangan seperti pada bidang komputasi yaitu untuk melakukan pengembangan pemrograman atau *software* (Atina, 2019). *Software* MATLAB ini dapat memecahkan masalah mulai dari analisis data, pengembangan algoritma, simulasi, visualisasi, hingga pengambil keputusan.

Selain penggunaan *software* MATLAB, penulis juga menggunakan arduino IDE untuk mengubah dari visualisasi angka dan gambar pada *software* MATLAB ke dalam bentuk coding pada arduino uno. Hal ini dilakukan untuk menerapkan codingan ke alat yang akan dibuat.

Uji pengukuran kualitas pakcoy dilakukan dengan membagi pengujian menjadi dua yaitu pengujian sensor pH (*Potential of Hydrogen*) dan pengujian sensor TDS (*Total Dissolved Solids*). Menurut (Hariyadi et al., 2020), PH merupakan nilai keasaman suatu larutan yang digunakan untuk mengukur tingkat kebasahan atau keasaman yang terdapat dalam suatu larutan tersebut. Sehingga

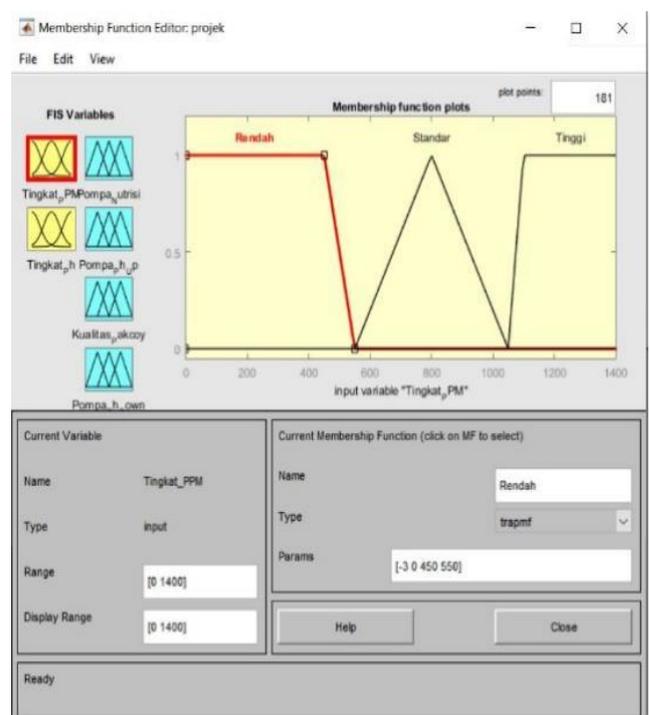
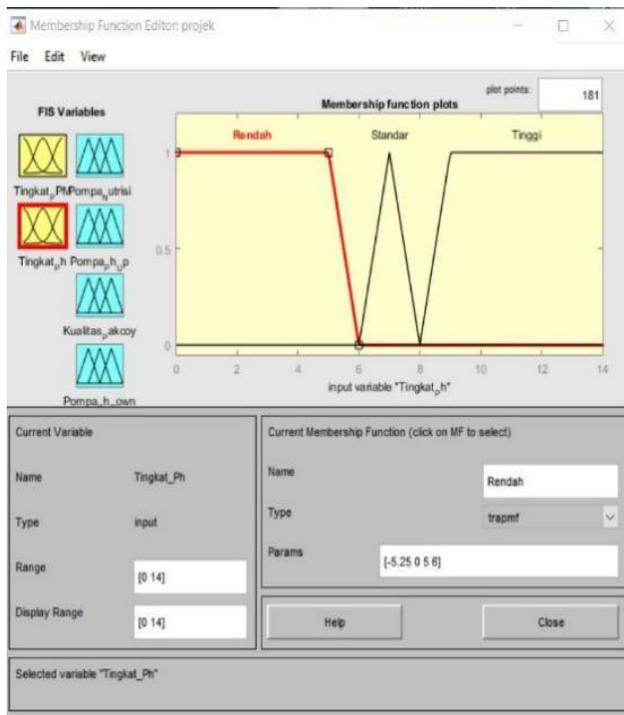
sensor pH merupakan suatu sensor yang dapat mengukur derajat keasaman pada suatu larutan. Sedangkan PPM merupakan jumlah zat padat yang terlarut baik berupa ionion organik, senyawa, maupun koloid di dalam larutan air (WHO, 2003). Dapat diartikan juga bahwa sensor TDS merupakan suatu sensor yang dapat mengetahui jumlah zat padat terlarut pada air.

Penulis menggunakan sensor pH yang kemudian dilakukan pengujian kalibrasi sensor pH dan hasil sensor pH akan dibandingkan dengan hasil pengukuran pH meter, selanjutnya sensor TDS digunakan untuk pembacaan nilai ppm (*Part Per Million*) nutrisi yang kemudian dilakukan kalibrasi sensor TDS dan hasil sensor TDS akan dibandingkan dengan hasil pengukuran TDS meter.

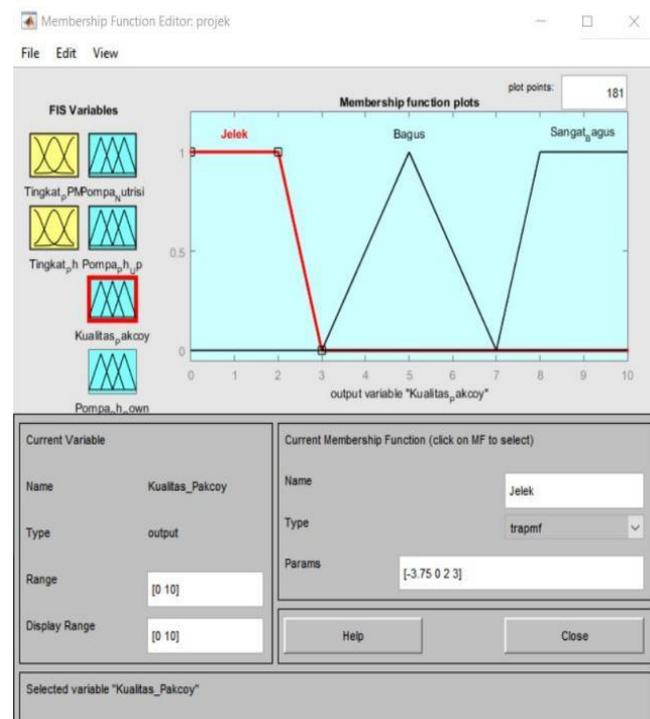
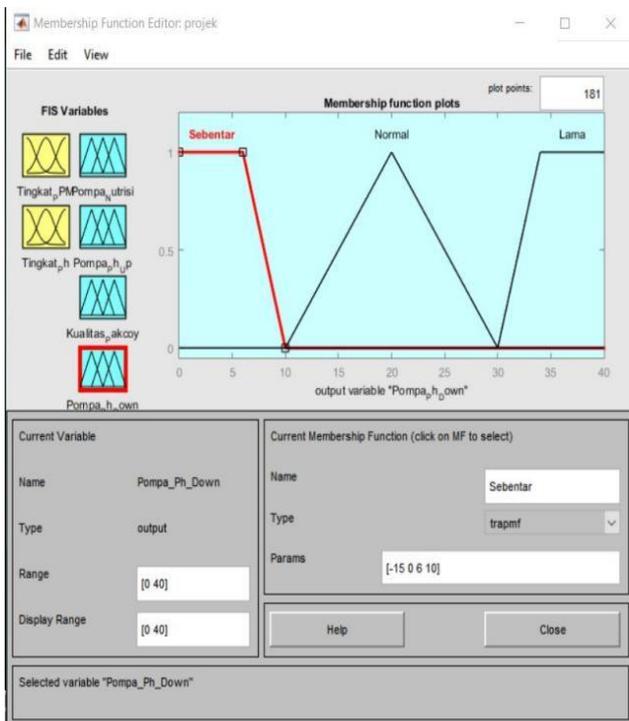
HASIL DAN PEMBAHASAN

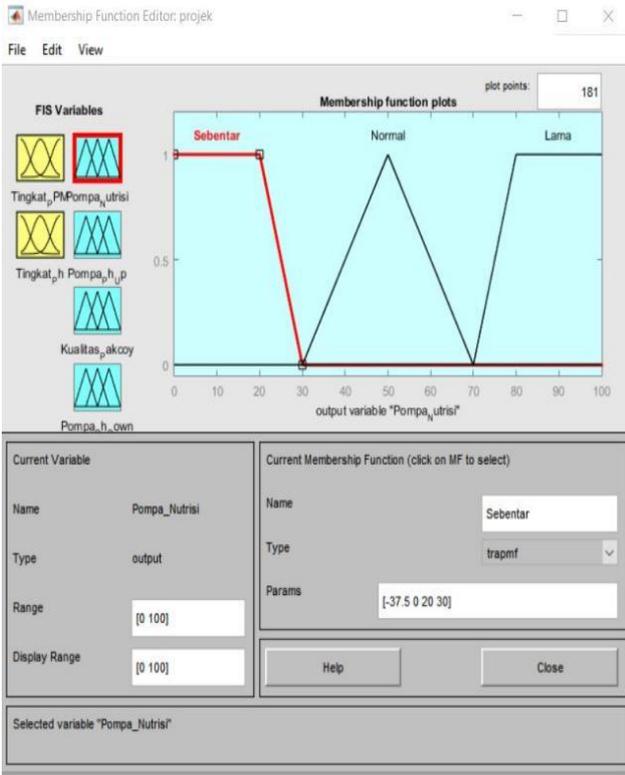
Logika Fuzzy Sistem Otomasi Kualitas Pakcoy Hidroponik

Input membership function tingkat pH dan nilai ppm dapat dilihat pada gambar berikut



Berikut ini output membership function pompa nutrisi, kualitas pakcoy, pompa pH down, dan pompa pH down.



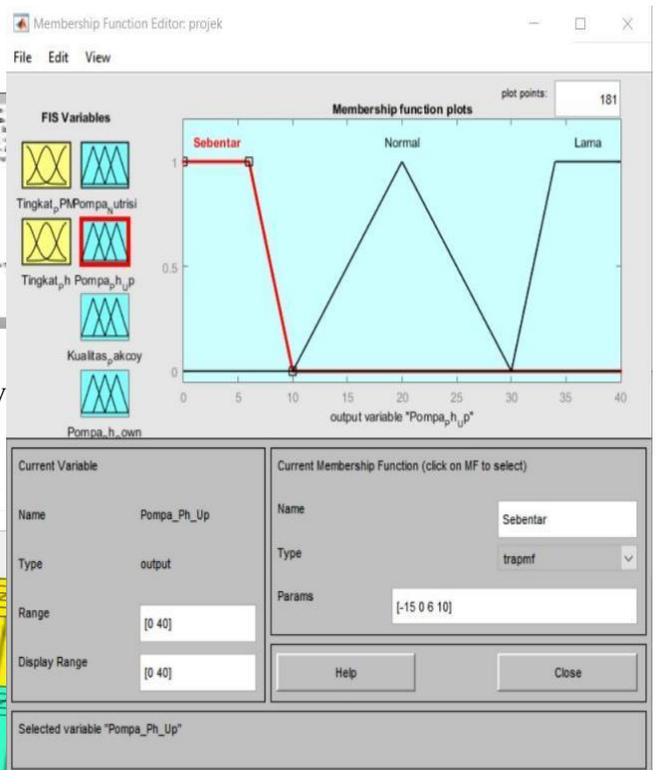
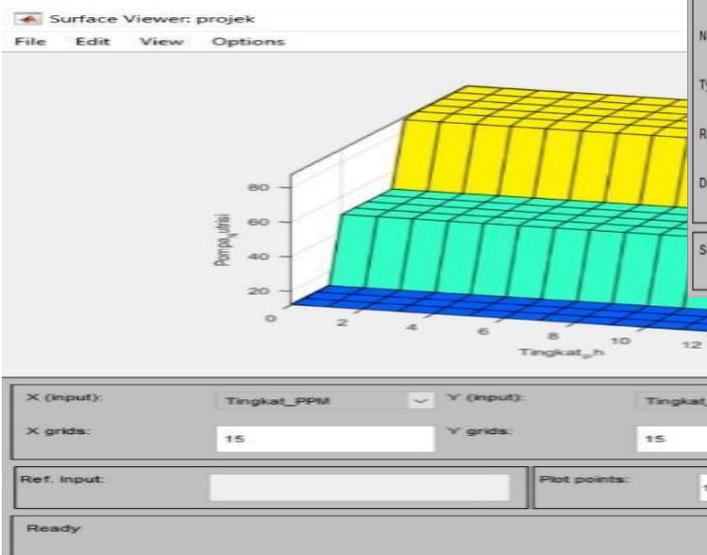


Berikut ini merupakan beberapa rule yang berlaku

```

1. IF (Tingkat_PPM is Rendah) and (Tingkat_Ph is Rendah) then (Pompa_Submisi is Lama) (Pompa_Ph_Up is
2. IF (Tingkat_PPM is Rendah) and (Tingkat_Ph is Standar) then (Pompa_Submisi is Lama) (Pompa_Ph_Up is
3. IF (Tingkat_PPM is Rendah) and (Tingkat_Ph is Tinggi) then (Pompa_Submisi is Lama) (Pompa_Ph_Down is
4. IF (Tingkat_PPM is Standar) and (Tingkat_Ph is Rendah) then (Pompa_Submisi is Normal) (Pompa_Ph_Up is
5. IF (Tingkat_PPM is Tinggi) and (Tingkat_Ph is Rendah) then (Pompa_Submisi is Sebentar) (Pompa_Ph_Down
6. IF (Tingkat_PPM is Tinggi) and (Tingkat_Ph is Tinggi) then (Pompa_Submisi is Sebentar) (Pompa_Ph_Down
7. IF (Tingkat_PPM is Rendah) and (Tingkat_Ph is Rendah) then (Kualitas_Pakcoy is Bagus) (*)
8. IF (Tingkat_PPM is Rendah) and (Tingkat_Ph is Standar) then (Kualitas_Pakcoy is Bagus) (*)
9. IF (Tingkat_PPM is Standar) and (Tingkat_Ph is Rendah) then (Kualitas_Pakcoy is Bagus) (*)
10. IF (Tingkat_PPM is Standar) and (Tingkat_Ph is Tinggi) then (Pompa_Submisi is Lama) (*)
11. IF (Tingkat_PPM is Tinggi) then (Pompa_Submisi is Lama) (*)
12. IF (Tingkat_PPM is Rendah) and (Tingkat_Ph is Rendah) then (Kualitas_Pakcoy is Bagus) (*)
13. IF (Tingkat_PPM is Tinggi) and (Tingkat_Ph is Rendah) then (Kualitas_Pakcoy is Bagus) (*)
14. IF (Tingkat_PPM is Tinggi) and (Tingkat_Ph is Tinggi) then (Kualitas_Pakcoy is Bagus) (*)
15. IF (Tingkat_PPM is Standar) and (Tingkat_Ph is Tinggi) then (Pompa_Submisi is Lama) (*)
16. IF (Tingkat_PPM is Rendah) and (Tingkat_Ph is Rendah) then (Kualitas_Pakcoy is Bagus) (*)
17. IF (Tingkat_PPM is Tinggi) then (Pompa_Submisi is Lama) (*)
18. IF (Tingkat_PPM is Rendah) then (Pompa_Submisi is Lama) (*)
19. IF (Tingkat_PPM is Standar) then (Pompa_Ph_Up is Lama) (*)
20. IF (Tingkat_Ph is Rendah) then (Pompa_Ph_Up is Lama) (*)
21. IF (Tingkat_Ph is Standar) then (Pompa_Ph_Up is Normal) (Pompa_Ph_Down is Normal) (*)
22. IF (Tingkat_Ph is Tinggi) then (Pompa_Ph_Down is Lama) (*)
    
```

Dibawah ini merupakan hasil akhir dari sistem fuzzy yang dilakukan



Kodingan Sistem Otomatisasi Kualitas Pakcoy Hidroponik

Setelah memakai metode fuzzy, maka akan direalisasikan kedalam bentuk kodingan untuk sistem kualitas pakcoy hidroponik, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

```

#include <Fuzzy.h>

// Fuzzy
Fuzzy *fuzzy = new Fuzzy();

// FuzzyInput TDS
FuzzySet *tdsrendah = new FuzzySet(-3, 0, 450, 550);
FuzzySet *tdsstandar = new FuzzySet(550, 800, 800, 1050);
FuzzySet *tdstinggi = new FuzzySet(1050, 1100, 1400, 1470);

// FuzzyInput pH
FuzzySet *phrendah = new FuzzySet(-5, 0, 5, 6);
FuzzySet *phstandar = new FuzzySet(6, 7, 7, 8);
FuzzySet *phtinggi = new FuzzySet(8, 9, 14, 15);

// FuzzyOutput nutrisi
FuzzySet *nsebentar = new FuzzySet(-37.5, 0, 20, 30);
FuzzySet *nnormal = new FuzzySet(30, 50, 50, 70);
FuzzySet *nlama = new FuzzySet(70, 80, 100, 137.5);

// FuzzyOutput pH UP
FuzzySet *pusebentar = new FuzzySet(-15, 0, 6, 10);
FuzzySet *punormal = new FuzzySet(10, 20, 20, 30);
FuzzySet *pulama = new FuzzySet(30, 34, 40, 55);

// FuzzyOutput pH DOWN
FuzzySet *pdsebentar = new FuzzySet(-15, 0, 6, 10);
FuzzySet *pdnormal = new FuzzySet(10, 20, 20, 30);
FuzzySet *pdlama = new FuzzySet(30, 34, 40, 55);

// FuzzyOutput Kualitas Pakcoy
FuzzySet *kpjelek = new FuzzySet(-3.75, 0, 2, 3);
FuzzySet *kpbagus = new FuzzySet(3, 5, 5, 7);
FuzzySet *kpsbagus = new FuzzySet(7, 8, 10, 13.75);
void setup()
{
  // Set the Serial output
  Serial.begin(9600);
  // Set a random seed
  randomSeed(analogRead(0));

// FuzzyInput pH
FuzzyInput *tph = new FuzzyInput(1);

tph->addFuzzySet(phrendah);
tph->addFuzzySet(phstandar);
tph->addFuzzySet(phtinggi);
fuzzy->addFuzzyInput(tph);

// FuzzyInput PPM
FuzzyInput *tppm = new FuzzyInput(2);

tppm->addFuzzySet(tdsrendah);
tppm->addFuzzySet(tdsstandar);
tppm->addFuzzySet(tdstinggi);
fuzzy->addFuzzyInput(tppm);

// FuzzyOutput Nutrisi
FuzzyOutput *pnutrisi = new FuzzyOutput(1);

pnutrisi->addFuzzySet(nsebentar);
pnutrisi->addFuzzySet(nnormal);
pnutrisi->addFuzzySet(nlama);
fuzzy->addFuzzyOutput(pnutrisi);

// FuzzyOutput pH UP
FuzzyOutput *phup = new FuzzyOutput(2);

phup->addFuzzySet(pusebentar);
phup->addFuzzySet(punormal);
phup->addFuzzySet(pulama);
fuzzy->addFuzzyOutput(phup);

// FuzzyOutput pH DOWN
FuzzyOutput *phdown = new FuzzyOutput(3);

phdown->addFuzzySet(pdsebentar);
phdown->addFuzzySet(pdnormal);
phdown->addFuzzySet(pdlama);
fuzzy->addFuzzyOutput(phdown);

```

```

// FuzzyOutput Kualitas Pakcoy
FuzzyOutput *kp = new FuzzyOutput(4);

kp->addFuzzySet(kpjelek);
kp->addFuzzySet(kpbagus);
kp->addFuzzySet(kpsbagus);
fuzzy->addFuzzyOutput(kp);

// Building FuzzyRule
FuzzyRuleAntecedent *tphrendah = new FuzzyRuleAntecedent();
tphrendah->joinSingle(phrendah);
FuzzyRuleAntecedent *tppmrendah = new FuzzyRuleAntecedent();
tppmrendah->joinSingle(tdsrendah);
FuzzyRuleAntecedent *iftphrendahdantppmrendah = new FuzzyRuleAntecedent();
iftphrendahdantppmrendah->joinWithAND(phrendah, tdsrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules1 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules1->addOutput(nlama);
thenrules1->addOutput(pulama);

FuzzyRule *fuzzyRule1 = new FuzzyRule(1, iftphrendahdantppmrendah, thenrules1);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule1);

// Building FuzzyRule 2
FuzzyRuleAntecedent *tphstandar = new FuzzyRuleAntecedent();
tphstandar->joinSingle(phstandar);
FuzzyRuleAntecedent *iftphstandardantppmrendah = new FuzzyRuleAntecedent();
iftphstandardantppmrendah->joinWithAND(phstandar, tdsrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules2 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules2->addOutput(nlama);
thenrules2->addOutput(punormal);
thenrules2->addOutput(pdnormal);

FuzzyRule *fuzzyRule2 = new FuzzyRule(2, iftphstandardantppmrendah, thenrules2);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule2);

// Building FuzzyRule 3
FuzzyRuleAntecedent *tptinggi = new FuzzyRuleAntecedent();
tptinggi->joinSingle(phtinggi);
FuzzyRuleAntecedent *iftpttingidantppmrendah = new FuzzyRuleAntecedent();
iftpttingidantppmrendah->joinWithAND(phtinggi, tdsrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules3 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules3->addOutput(nlama);
thenrules3->addOutput(pdlama);

```

```

FuzzyRule *fuzzyRule4 = new FuzzyRule(4, iftphrendahdantppmstandar, thenrules4);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule4);

// Building FuzzyRule 5
FuzzyRuleAntecedent *tppmtinggi = new FuzzyRuleAntecedent();
tppmtinggi->joinSingle(tdstinggi);
FuzzyRuleAntecedent *iftphrendahdantppmtinggi = new FuzzyRuleAntecedent();
iftphrendahdantppmtinggi->joinWithAND(phrendah, tdstinggi);

FuzzyRuleConsequent *thenrules5 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules5->addOutput(nsebentar);
thenrules5->addOutput(pulama);

FuzzyRule *fuzzyRule5 = new FuzzyRule(5, iftphrendahdantppmtinggi, thenrules5);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule5);

// Building FuzzyRule 6
FuzzyRuleAntecedent *iftphtinggidantppmtinggi = new FuzzyRuleAntecedent();
iftphtinggidantppmtinggi->joinWithAND(phtinggi, tdstinggi);

FuzzyRuleConsequent *thenrules6 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules6->addOutput(nsebentar);
thenrules6->addOutput(pdlama);

FuzzyRule *fuzzyRule6 = new FuzzyRule(6, iftphtinggidantppmtinggi, thenrules6);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule6);

//Building FuzzyRule 7
iftphrendahdantppmrendah->joinWithAND(phrendah, tdsrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules7 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules7->addOutput(kpjelek);

FuzzyRule *fuzzyRule7 = new FuzzyRule(7, iftphrendahdantppmrendah, thenrules7);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule7);

// Building FuzzyRule 8
iftphstandardantppmrendah ->joinWithAND(phstandar, tdsrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules8 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules8->addOutput(kpjelek);

FuzzyRule *fuzzyRule8 = new FuzzyRule(8, iftphstandardantppmrendah, thenrules8);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule8);

```

```

// Building FuzzyRule 9
iftphtinggidantppmrendah ->joinWithAND(phtinggi, tdsrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules9 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules9->addOutput(kpbagus);

FuzzyRule *fuzzyRule9 = new FuzzyRule(9, iftphtinggidantppmrendah, thenrules9);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule9);

// Building FuzzyRule 10
iftphrendahdantppmstandar->joinWithAND(phrendah, tdsrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules10 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules10->addOutput(kpjelek);

FuzzyRule *fuzzyRule10 = new FuzzyRule(10, iftphrendahdantppmstandar, thenrules10);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule10);

// Building FuzzyRule 11
FuzzyRuleAntecedent *iftphstandardantppmstandar = new FuzzyRuleAntecedent();
iftphstandardantppmstandar->joinWithAND(phstandar, tdsstandar);

FuzzyRuleConsequent *thenrules11 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules11->addOutput(kpbagus);

FuzzyRule *fuzzyRule11 = new FuzzyRule(11, iftphstandardantppmstandar, thenrules11);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule11);

// Building FuzzyRule 12
FuzzyRuleAntecedent *iftphtinggidantppmstandar = new FuzzyRuleAntecedent();
iftphtinggidantppmstandar->joinWithAND(phtinggi, tdsstandar);

FuzzyRuleConsequent *thenrules12 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules12->addOutput(kpbagus);

FuzzyRule *fuzzyRule12 = new FuzzyRule(12, iftphtinggidantppmstandar, thenrules12);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule12);

// Building FuzzyRule 13
iftphrendahdantppmtinggi->joinWithAND(phrendah, tdstinggi);

FuzzyRuleConsequent *thenrules13 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules13->addOutput(kpbagus);

FuzzyRule *fuzzyRule13 = new FuzzyRule(13, iftphrendahdantppmtinggi, thenrules13);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule13);

```

```

// Building FuzzyRule 14
FuzzyRuleAntecedent *iftphstandardantppmtinggi = new FuzzyRuleAntecedent();
iftphstandardantppmtinggi->joinWithAND(phstandar, tdstinggi);

FuzzyRuleConsequent *thenrules14 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules14->addOutput(kpsbagus);

FuzzyRule *fuzzyRule14 = new FuzzyRule(14, iftphstandardantppmtinggi, thenrules14);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule14);

// Building FuzzyRule 15
iftphtinggidantppmtinggi->joinWithAND(phtinggi, tdstinggi);

FuzzyRuleConsequent *thenrules15 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules15->addOutput(kpbagus);

FuzzyRule *fuzzyRule15 = new FuzzyRule(15, iftphtinggidantppmrendah, thenrules15);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule15);

// Building FuzzyRule 16
iftphtinggidantppmstandar->joinWithAND(phtinggi, tdsstandar);

FuzzyRuleConsequent *thenrules16 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules16->addOutput(nnormal);
thenrules16->addOutput(pdlama);

FuzzyRule *fuzzyRule16 = new FuzzyRule(16, iftphtinggidantppmstandar, thenrules16);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule16);

// Building FuzzyRule 17
FuzzyRuleAntecedent *iftppmtinggi = new FuzzyRuleAntecedent();
iftppmtinggi->joinSingle(tdstinggi);

FuzzyRuleConsequent *thenrules17 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules17->addOutput(nsebentar);

FuzzyRule *fuzzyRule17 = new FuzzyRule(17, iftpmtinggi, thenrules17);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule17);

// Building FuzzyRule 18
FuzzyRuleAntecedent *iftppmrendah = new FuzzyRuleAntecedent();
iftppmrendah->joinSingle(tdsrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules18 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules18->addOutput(nlama);

```

```

FuzzyRule *fuzzyRule18 = new FuzzyRule(18, iftpmrendah, thenrules18);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule18);

// Building FuzzyRule 19
FuzzyRuleAntecedent *iftpmstandar = new FuzzyRuleAntecedent();
iftpmstandar->joinSingle(tdsstandar);

FuzzyRuleConsequent *thenrules19 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules19->addOutput(nnormal);

FuzzyRule *fuzzyRule19 = new FuzzyRule(19, iftpmstandar, thenrules19);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule19);

// Building FuzzyRule 20
FuzzyRuleAntecedent *iftphrendah = new FuzzyRuleAntecedent();
iftphrendah->joinSingle(phrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules20 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules20->addOutput(pulama);

FuzzyRule *fuzzyRule20 = new FuzzyRule(20, iftphrendah, thenrules20);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule20);

// Building FuzzyRule 21
iftphrendah->joinSingle(phrendah);

FuzzyRuleConsequent *thenrules21 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules21->addOutput(punormal);
thenrules21->addOutput(pdnormal);

FuzzyRule *fuzzyRule21 = new FuzzyRule(21, iftphrendah, thenrules21);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule21);

// Building FuzzyRule 22
FuzzyRuleAntecedent *iftphtinggi = new FuzzyRuleAntecedent();
iftphtinggi->joinSingle(phtinggi);

FuzzyRuleConsequent *thenrules22 = new FuzzyRuleConsequent();
thenrules22->addOutput(pulama);

FuzzyRule *fuzzyRule22 = new FuzzyRule(22, iftphtinggi, thenrules22);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule22);
}

```

```

void loop()
{
  // get random entrances
  int input1 = random(0, 15);
  int input2 = random(0, 1500);

  Serial.println("\n\n\nEntrance: ");
  Serial.print("\t\t\ttph: ");
  Serial.print(input1);
  Serial.print(", Nilai PPM: ");
  Serial.print(input2);

  fuzzy->setInput(1, input1);
  fuzzy->setInput(2, input2);

  fuzzy->fuzzify();

  Serial.println("Input: ");
  Serial.print("\tph: Rendah-> ");
  Serial.print(phrendah->getPertinence());
  Serial.print(", standar-> ");
  Serial.print(phstandar->getPertinence());
  Serial.print(", phtinggi-> ");
  Serial.println(phtinggi->getPertinence());

  Serial.println("Input: ");
  Serial.print("\tppm: Rendah-> ");
  Serial.print(tdsrendah->getPertinence());
  Serial.print(", tppm standar-> ");
  Serial.print(tdsstandar->getPertinence());
  Serial.print(", tppm tinggi-> ");
  Serial.println(tdstinggi->getPertinence());

  float output1 = fuzzy->defuzzify(1);

  Serial.println("Output: ");
  Serial.print("\pnutrisi: sebentar-> ");
  Serial.print(nsebantar->getPertinence());
  Serial.print(", normal-> ");
  Serial.print(nnormal->getPertinence());
  Serial.print(", Lama-> ");
  Serial.println(nlama->getPertinence());

```

```

Serial.println("Result: ");
Serial.print("\t\t\tPompa Nutrisi: ");
Serial.print(output1);

float output2 = fuzzy->defuzzify(2);

Serial.println("Output: ");
Serial.print("\phup: sebentar-> ");
Serial.print(pusebentar->getPertinence());
Serial.print(", normal-> ");
Serial.print(punormal->getPertinence());
Serial.print(", Lama-> ");
Serial.println(pulama->getPertinence());

Serial.println("Result: ");
Serial.print("\t\t\tPompa pH UP: ");
Serial.print(output2);

float output3 = fuzzy->defuzzify(3);

Serial.println("Output: ");
Serial.print("\phdown: sebentar-> ");
Serial.print(pdsebentar->getPertinence());
Serial.print(", normal-> ");
Serial.print(pdnormal->getPertinence());
Serial.print(", Lama-> ");
Serial.println(pdlama->getPertinence());

Serial.println("Result: ");
Serial.print("\t\t\tPompa pH Down: ");
Serial.print(output3);

float output4 = fuzzy->defuzzify(4);

Serial.println("Output: ");
Serial.print("\tKualitas Pakcoy: Jelek-> ");
Serial.print(kpjelek->getPertinence());
Serial.print(", bagus-> ");
Serial.print(kpbagus->getPertinence());
Serial.print(", Sangat Bagus-> ");
Serial.println(kpsbagus->getPertinence());

Serial.println("Result: ");
Serial.print("\t\t\tKualitas Pakcoy: ");
Serial.print(output4);

```

```

float output2 = fuzzy->defuzzify(2);

Serial.println("Output: ");
Serial.print("\pup: sebarang-> ");
Serial.print(pusebarang->getPertinence());
Serial.print(", normal-> ");
Serial.print(punormal->getPertinence());
Serial.print(", Lama-> ");
Serial.println(pulama->getPertinence());

Serial.println("Result: ");
Serial.print("\t\t\tPompa pH UP: ");
Serial.print(output2);

float output3 = fuzzy->defuzzify(3);

Serial.println("Output: ");
Serial.print("\phdown: sebarang-> ");
Serial.print(pdsebarang->getPertinence());
Serial.print(", normal-> ");
Serial.print(pdnormal->getPertinence());
Serial.print(", Lama-> ");
Serial.println(pdlama->getPertinence());

Serial.println("Result: ");
Serial.print("\t\t\tPompa pH Down: ");
Serial.print(output3);

float output4 = fuzzy->defuzzify(4);

Serial.println("Output: ");
Serial.print("\tKualitas Pakcoy: Jelek-> ");
Serial.print(kpjelek->getPertinence());
Serial.print(", bagus-> ");
Serial.print(kpbagus->getPertinence());
Serial.print(", Sangat Bagus-> ");
Serial.println(kpsbagus->getPertinence());

Serial.println("Result: ");
Serial.print("\t\t\tKualitas Pakcoy: ");
Serial.print(output4);

// wait 12 seconds
delay(12000);
}

```

KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem Otomasi dan Monitoring Kualitas Pakcoy yang telah dirancang dapat berfungsi dengan optimal dan sesuai harapan yaitu dapat melakukan otomasi dan monitoring kualitas tanaman pakcoy hidroponik. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil pertumbuhan pakcoy yang memiliki ciri-ciri bahwa pakcoy yang layak untuk dikonsumsi serta dipasarkan setelah menggunakan alat terkait. Dengan alat tersebut maka memperkecil tingkat kegagalan serta memperbesar angka keberhasilan tanaman pakcoy yang memiliki kualitas optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal, M. I., Sofyan, & Zulkarnain. (2022). Analisis Swot: Faktor Internal Dan Eksternal Pada Pengembangan Usaha Sayuran Hidroponik Di Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(4), 296–306.
- Amrullah, R. S. (2017). Pengembangan Sistem Monitoring Kegiatan Belajar Mengajar. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika) Aplikasi*, 1(2), 178–184.
- Iswanda, A., & Nasution, I. S. (2022). Otomasi Sistem Hidroponik Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Air Limbah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7, 572–581.

- Nasution, S. P., Satriyo, P., & Devianti. (2022). Sistem Kontrol Nilai EC (Electrical Conductivity) Untuk Nutrisi Tanaman Bayam. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7, 309–314.
- Wahyuni, S., Wahyudi, M., & Rusidy, A. (2021). Rekayasa Digitalisasi Pertanian Hidroponik NFT dengan Model Kendali Suhu, pH dan Electrical Conductivity (EC). *Journal of Science and Technology*.
- .Setia, B., & Ramadan, A. (2019). Penerapan Logika Fuzzy pada Sistem Cerdas. *Jurnal Sistem Cerdas*, 2(1), 61–66. <https://doi.org/10.37396/jsc.v2i1.18>
- Atina. (2019). Aplikasi Matlab pada Teknologi Pencitraan Medis. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, 1(1), 28. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v1i1.3123>
- Hariyadi, Kamil, M., & Putri, A. (2020). Sistem Pengecekan pH Air Otomatis Menggunakan Sensor pH Probe Berbasis Arduino Pada Sumur Bor. *Rang Teknik Journal*, 3(2), 14. <https://all3dp.com/2/fused-deposition-modeling-fdm-3d-printing-simply-explained/>
- Irawan, Y., Febriani, A., Wahyuni, R., & Devis, Y. (2021). Water quality measurement and filtering tools using Arduino Uno, PH sensor and TDS meter sensor. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(5), 357–362. <https://doi.org/10.18196/jrc.25107>
- Tando, E. (2019). Pemanfaatan Teknologi Greenhouse Dan Hidroponik Sebagai Solusi Menghadapi Perubahan Iklim Dalam Budidaya Tanaman Hortikultura. *Buana Sains*, 19(1), 91. <https://doi.org/10.33366/bs.v19i1.1530>
- WHO. (2003). Total dissolved solids in Drinking-water. *Geneva Switzerland*. <https://doi.org/10.1080/10417943609370625>
- Wibowo, S., & Asriyanti, A. (2013). Aplikasi Hidroponik NFT pada Budidaya Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 13(3), 159–167. <https://jurnal.polinela.ac.id/index.php/JPPT/article/viewFile/180/149>
- Widodo, Y. B., Gunawan, A., & Sutabri, T. (2022). Perancangan Sistem Monitoring Nutrisi pada Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 8(1), 200–214. <https://doi.org/10.37012/jtik.v8i1.850>