

Rancang Bangun Sistem Kendali Zat Terlarut dalam Air Hidroponik Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

1st Syakira Andriyani
Program Studi Teknik Elektro Fakultas
Teknik Elektro
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
syakiraandriyani@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Susijanto Tri Rasmana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas
Teknik Elektro
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
dimasze@telkomuniversity.ac.id

3rd Dimas Adiputra
Program Studi Teknik Elektro Fakultas
Teknik Elektro
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
susijanto@telkomuniversity.ac.id

Abstrak : Pengeluaran perkapita untuk belanja sayuran di Indonesia pada September 2021 adalah Rp48.654 per bulan, sebesar 8.41% dari total pengeluaran perkapita. Menanam sendiri sayuran menjadi alternatif penting untuk memenuhi kebutuhan nutrisi. Namun, pertumbuhan penduduk yang tinggi mengakibatkan ketersediaan lahan terbuka hijau semakin berkurang, terutama di daerah perkotaan. Budidaya hidroponik menjadi solusi dengan minim penggunaan lahan. Hidroponik adalah sistem tanpa tanah sebagai media tanam. Pertumbuhan tanaman pada sistem hidroponik dikontrol melalui faktor air, nutrisi, dan lingkungan. Pengendalian zat terlarut dalam air sangat penting untuk nutrisi tanaman. Namun, sistem hidroponik membutuhkan perawatan yang intensif. Keterbatasan waktu masyarakat dalam bercocok tanam menjadi hambatan, terutama di daerah perkotaan. Penerapan hidroponik otomatis dengan menggunakan IoT telah dilakukan di Kampung Songo, Surabaya. Namun, pengendalian zat terlarut masih memerlukan perbaikan. Maka dibutuhkan oleh tanaman hidroponik. Sehingga, aksi yang dilakukan terhadap zat terlarut akan menggunakan sistem open loop. Sistem ini akan bekerja sebanyak satu kali untuk melakukan pengecekan serta tindakan terhadap zat terlarut. Penyederhanaan sistem dilakukan dengan mengurangi pemakaian sensor serta menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan (JST) untuk estimasi. Software matlab digunakan dalam proses estimasi untuk menentukan rumus JST untuk diterapkan ke dalam Arduino. Dari sistem JST telah didapatkan hasil estimasi berupa waktu penyalaan pompa yang diperoleh dalam satu kali pengestimasi. Namun, dalam penerapan ke komponen belum di peroleh nilai ppm yang sesuai target dikarenakan beberapa faktor dari sensor dan juga pupuk yang nilainya tidak konsisten.

Kata kunci : Ketahanan Pangan, Hidroponik, Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

I. PENDAHULUAN

Menurut sumber DataIndonesia.id yang mengutip dari badan pusat statistik, rata rata pengeluaran perkapita untuk kebutuhan belanja sayuran sebesar Rp48.654 perbulan pada September 2021. Dari total pengeluaran perkapita yang digunakan untuk belanja, pengeluaran untuk belanja sayuran sebesar 8.41%. Data ini menunjukkan sayuran menjadi salah satu komoditas makanan dengan pengeluaran yang tinggi setelah makanan dan minuman jadi, rokok, serta padi-padian [1]. Kebutuhan manusia terhadap sayuran sangat penting untuk memenuhi kebutuhan nutrisi. Sehingga, menanam sendiri sayuran yang dikonsumsi menjadi alternatif yang dapat dilakukan.

Data penduduk Indonesia pada tahun 2022 naik sebesar 1.13% [2]. Saat penduduk semakin banyak, maka

ketersediaan lahan terbuka hijau akan semakin berkurang. Hal ini banyak terjadi terutama didaerah perkotaan. Selain itu, penyebaran penduduk di Indonesia juga tidak merata dimana pulau jawa memiliki penduduk terbanyak sebesar 55.94% dibanding pulau lainnya [3]. Kepadatan penduduk yang terjadi mengakibatkan lahan semakin menipis karena sebagian besar dimanfaatkan sebagai lahan pemukiman.

Sistem budidaya hidroponik dapat dijadikan solusi karena minimnya penggunaan lahan sehingga dapat dilakukan dimana saja. Hidroponik merupakan sistem bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam [4]. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara hidroponik yaitu, faktor pertama berupa air baku, mineral, nutrisi/pupuk, media tanam, dan bibit. Sedangkan faktor kedua yaitu faktor lingkungan berupa cahaya matahari, oksigen, suhu, kelembaban, curah hujan, dan angin [5]. Dari kedua faktor tersebut, yang paling harus diperhatikan adalah faktor pertama karena sistem budidaya hidroponik menggunakan media air sebagai pemenuhan nutrisi tanaman, sehingga pengendalian zat terlarut dalam air memerlukan ketelitian agar tanaman mendapat takaran nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan [6], [7].

Sistem budidaya hidroponik membutuhkan banyak waktu dalam perawatan tanaman. Adanya faktor eksternal menyebabkan zat terlarut yang diperlukan hidroponik mudah terkontaminasi. Pengecekan secara berkala harus dilakukan agar dapat mencegah kerusakan tanaman. Pengecekan berkala menjadi penghambat penerapan hidroponik didaerah perkotaan. Jumlah angkatan kerja Indonesia mencapai 144.01 juta jiwa pada february 2022 dari total keseluruhan penduduk sebanyak 275.77 juta jiwa [8]. Tingginya angka tersebut menunjukkan bahwa masyarakat tidak memiliki waktu untuk bercocok tanam karena sibuk bekerja. Untuk melakukan penerapan hidroponik didaerah perkotaan, diperlukan suatu inovasi agar bercocok tanam dapat dilakukan secara otomatis. Dengan itu, budidaya dapat dilakukan dengan waktu yang efisien serta dapat menurunkan resiko kerusakan pada tanaman.

Penerapan sistem budidaya hidroponik secara otomatis telah diterapkan di Kampung Songo, Simomulyo Baru, Surabaya. Pengembangan ini dibuat dengan menerapkan internet of things (IoT) dalam pengendalian kualitas zat

terlarut. Dengan memanfaatkan sensor ultrasonic dan Total Dissolve Solid (TDS) yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino uno [9]. Penelitian yang telah dilakukan ini menggunakan sistem close loop, yaitu dengan melakukan pengecekan zat terlarut secara terus menerus. Sistem close loop mengakibatkan aksi yang dilakukan terhadap zat terlarut terjadi berulang ulang, sehingga nilai error yang dihasilkan mengecil secara bertahap.

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem budidaya hidroponik secara otomatis menggunakan logika fuzzy. Logika ini mengelola data yang diperoleh dari hasil pembacaan sensor melalui proses fuzzyfikasi, implikasi, dan juga defuzzyfikasi. Selanjutnya, hasil akhir yang didapatkan akan digunakan untuk memberikan aksi pada zat terlarut. Adapun penelitian pertama, pengendalian zat terlarut dilakukan menggunakan beberapa sensor yaitu ultrasonic, pH, dan TDS yang terhubung dengan mikrokontroler arduino mega [6]. Penelitian kedua menggunakan sensor pH dan TDS yang terhubung dengan mikrokontroler arduino uno [10]. Penelitian ketiga menggunakan sensor ultrasonic dan TDS yang terhubung dengan mikrokontroler arduino uno [11]. Dari ketiga hasil penelitian tersebut diketahui capaian yang didapatkan relative sama yaitu pengendalian kualitas zat terlarut. Pengendalian kualitas zat terlarut masih dilakukan secara bertahap untuk mencapai nilai ppm target yang dibutuhkan. Sehingga, dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa pengendalian zat terlarut masih kurang dalam penerapan hidroponik otomatis. Maka dari itu, diperlukan adanya pengestimasi jumlah nutrisi yang dibutuhkan pada tanaman.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penelitian ini akan difokuskan pada pengestimasi jumlah nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman hidroponik. Sehingga, aksi yang dilakukan terhadap zat terlarut akan menggunakan sistem open loop. Sistem ini akan bekerja sebanyak satu kali untuk melakukan pengecekan serta tindakan terhadap zat terlarut. Penyederhanaan sistem dilakukan dengan mengurangi pemakaian sensor serta menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan (JST) untuk estimasi. Sistem jaringan syaraf tiruan dipilih karena kemudahan implementasinya pada mikrokontroler, seperti analisis secara real time, pengoptimalan nutrisi, dan prediksi hasil yang akurat [12].

II. KAJIAN TEORI

A. Ketahanan Pangan

Pangan merupakan kebutuhan dasar manusia yang harus dipenuhi untuk bertahan hidup. Sebagai kebutuhan dasar maka terdapat tiga pilar ketahanan pangan yang harus terpenuhi yaitu ketersediaan (availability), keterjangkauan (accessibility) baik secara fisik maupun ekonomi, dan stabilitas (stability) yang harus tersedia dan terjangkau setiap saat dan setiap tempat. Ketiga pilar ketahanan pangan ini harus terwujud dengan seimbang secara bersama sama [13]. Selain itu, kualitas pangan yang dikonsumsi juga perlu diperhatikan. Kualitas makanan yang baik merupakan makanan yang memiliki nilai gizi seimbang dan mengandung vitamin, mineral, karbohidrat, protein, lemak, kalsium, serat dan air [14]. Dalam pemenuhan gizi seimbang, sumber

pangan harus diperoleh dari bermacam macam sumber seperti sayuran, buah, daging, dsb.

Indonesia telah berhasil meningkatkan produksi beberapa komoditas pangan. Hal ini dikarenakan, rasio ketergantungan impornya tidak melebihi 10% konsumsi domestic, sehingga Indonesia dinilai berhasil dalam swasembada beras. Namun beberapa sumber menyatakan bahwa produksi dalam negeri tidak mampu memenuhi kenaikan permintaan buah dan sayuran. Menurut World Health Organization (WHO), seseorang dianggap memiliki asupan buah dan sayuran yang cukup jika memakan lebih dari lima porsi buah dan sayuran per hari. Hal ini menyebabkan, konsumsi buah dan sayuran yang dibutuhkan untuk menjaga gizi yang sehat dan seimbang terbilang rendah di Indonesia [15]. Indonesia menempati posisi ke-15 sebagai negara terbesar dengan luas daratan sebesar 1,905 juta km² [16]. Distribusi bahan pangan membutuhkan sarana dan prasarana yang memadai untuk memastikan kelancaran distribusinya. Tidak jarang, proses distribusi yang terhambat berdampak pada tidak meratanya distribusi bahan pangan antar wilayah dan menjadi penyebab terjadinya lonjakan harga. Tingginya angka kemiskinan dengan terjadinya lonjakan harga bahan pangan menyebabkan masyarakat kesulitan untuk menjangkau bahan makanan tersebut.

Menurut UU No. 18/2012 ketahanan pangan adalah “kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan” [17]. Dari pengertian ini ketersediaan pangan untuk semua orang menjadi perhatian penting yang harus diselesaikan. Adanya kendala yang terjadi sebisa mungkin diminimalisir dan mencari solusi pengganti dalam pemenuhan pangan setiap daerah.

Dinas ketahanan pangan dan pertanian kota Surabaya memberikan solusi terkait masalah ketahanan pangan dengan membangun kedaulatan dan kemandirian pangan. Salah satunya dengan melakukan kegiatan pertanian dilahan terbatas wilayah perkotaan atau dikenal dengan istilah urban farming. Dalam penerapan urban farming, dapat dilakukan dengan metode hidroponik karena dapat memanfaatkan lahan sempit di rumah [18].

B. Hidroponik

Hidroponik berasal dari Yunani yaitu hydro (berarti air), ponos (berarti daya/kerja), atau hidroponik adalah air yang bekerja. Kemudian, kata “bekerja atau berdaya” berubah menjadi budidaya. Sehingga hidroponik diartikan sebagai suatu pengerjaan atau pengelolaan air sebagai media tumbuh tanaman tanpa menggunakan unsur hara mineral yang dibutuhkan dari nutrisi yang dilarutkan didalam air [19]. Gambar 1 merupakan gambar hidroponik.

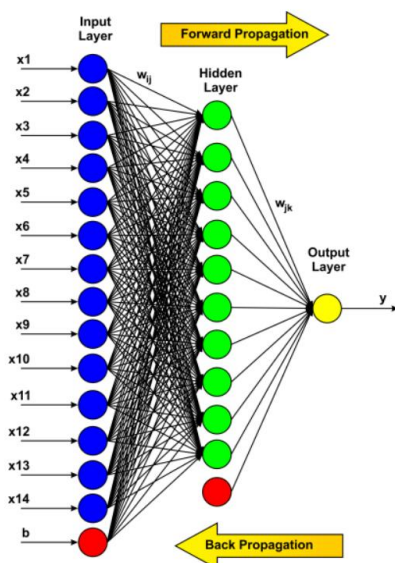


Gambar 1. Hidroponik

Sistem budidaya hidroponik merupakan salah satu solusi budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah dan pemberian nutrisi tanaman yang terkendali. Budidaya dengan sistem hidroponik dapat digunakan sebagai alternatif dalam menanam berbagai tumbuhan terutama sayuran. Jenis sayuran yang dapat dikembangkan juga ada bermacam macam. Tetapi perlu diperhatikan bahwa, setiap jenis tanaman memiliki kebutuhan nutrisi dan juga penanganan yang berbeda beda. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan jenis tanaman pakcoy dan selada dikarenakan kebutuhan nutrisi dan lama masa panennya hampir sama.

C. Sistem Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah model buatan yang meniru proses pembelajaran otak manusia, digunakan dalam ilmu komputer untuk peramalan dan prediksi [12]. JST bekerja dengan menerima input dari data, mirip dengan cara otak manusia menggunakan panca indera. Dalam JST, data diproses melalui elemen-elemen sederhana yang disebut neuron atau node, yang membentuk arsitektur jaringan [20]. Salah satu algoritma populer dalam JST adalah backpropagation, yang melatih jaringan untuk belajar dan menyesuaikan diri dengan data baru melalui proses penyebaran maju (feedforward) dan penyebaran balik (backpropagation) [21], [22]. Backpropagation mengatur jaringan dalam lapisan input, hidden, dan output, di mana sinyal diproses dan komputasi dilakukan untuk menyesuaikan bobot dan bias berdasarkan fungsi aktivasi tertentu (Gambar 2).



Gambar 2. Sistem Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Proses komputasi pada JST ini melibatkan pengolahan informasi melalui serangkaian neuron yang saling terhubung. Adapun langkah langkah dalam proses komputasi adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi bobot dan bias

Setiap neuron dalam JST memiliki bobot (Weight) yang menghubungkannya dengan neuron di lapisan sebelumnya atau dengan data masukan, serta memiliki bias yang mempengaruhi aktivasi neuron. Pada awalnya, bobot dan bias biasanya diinisialisasi secara acak atau dengan nilai awal tertentu.

2. Penyebaran Maju (Feedforward)

Data masukan (input) disampaikan ke input layer JST. Setiap neuron di lapisan tersebut mengalikan nilai masukan dengan bobotnya, menjumlahkannya, dan menerapkan fungsi aktivasi. Keluaran dari setiap neuron tersebut kemudian diteruskan ke neuron-neuron di hidden layer atau langsung ke output layer. Proses ini berlanjut melalui setiap layer hingga menghasilkan keluaran akhir.

3. Penyebaran Balik (Backpropagation)

Kesalahan dipropagasikan (backpropagation) melalui JST dari output layer ke input layer . Pada setiap neuron, gradien kesalahan terhadap bobot dan bias dihitung. Gradien ini digunakan untuk memperbaiki bobot dan bias dengan menggunakan metode optimisasi, seperti gradien turun (gradient descent) atau varian-varian lainnya. Proses ini memungkinkan JST untuk belajar dan mengubah bobot serta biasanya berdasarkan kesalahan yang ditemukan [20].

D. Perangkat Otomasi

Sistem otomasi hidroponik memanfaatkan beberapa sensor serta mikrokontroler dalam penerapannya, seperti :

1. Arduino Uno

Arduino uno (Gambar 3) adalah papan mikrokontroler open source berbasis mikrokontroler Microchip ATmega328P dan dikembangkan oleh Arduino.cc dan awalnya dirilis pada tahun 2010. Papan ini dilengkapi dengan set pin input/output (I/O) digital dan analog yang dapat dihubungkan ke berbagai papan ekspansi (perisai) dan sirkuit lainnya [23].



Gambar 3. Arduino UNO

2. Sensor Total Dissolve Solid (TDS)

Sensor TDS merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur nilai TDS atau padatan terlarut pada air (Gambar 4). Semakin tinggi nilai yang dihasilkan maka, kandungan padatan yang terlarut didalam air tersebut semakin banyak. TDS sendiri merupakan kadar konsentrasi objek solid yang terlarut dalam air. Pada penelitian kali ini penulis menggunakan sensor ppm dengan kapasitas 2000ppm [24].



Gambar 4. Sensor TDS

3. Pompa Air

Pompa air adalah alat yang digunakan untuk memindahkan air dari suatu tempat ke tempat lain. Pada penelitian ini, pompa air berfungsi untuk memindahkan pupuk dari tangki pupuk menuju bak pencampuran. Pompa ini dapat berjalan ketika dialiri tegangan sebesar 220/240V, sehingga membutuhkan Power supply ketika menggunakannya [25].

Spesifikasi pompa aquila p1000 (Gambar 5) yang digunakan, yaitu:

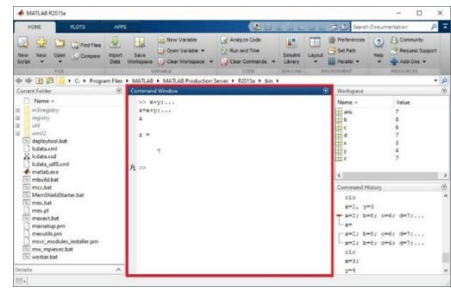
- Penggunaan daya 6 watt
- Tinggi maksimal 0.5 meter
- Keluaran maksimal 400 liter per jam



Gambar 5. Pompa Air

4. Software Matlab

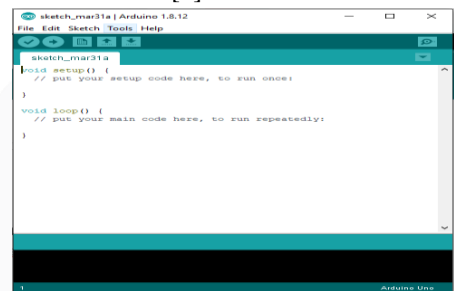
Matlab merupakan singkatan dari MATrix LABoratory dikarenakan setiap data pada matlab menggunakan dasar matriks. Matlab merupakan platform pemrograman dan komputasi numerik yang digunakan untuk menganalisis data, mengembangkan algoritme, dan membuat model [26]. Pada penelitian ini matlab digunakan sebagai alat simulasi untuk sistem jaringan syaraf tiruan (JST). Berikut merupakan tampilan software matlab (Gambar 6).



Gambar 6. Software Matlab

5. Software Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) pada gambar 7 adalah software yang digunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram board Arduino [40]. Arduino juga merupakan lingkungan yang terintegrasi dan digunakan untuk melakukan perkembangan. Arduino ini menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Software ini dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Yang juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut wiring sehingga operasi Input dan Output menjadi lebih mudah [6].

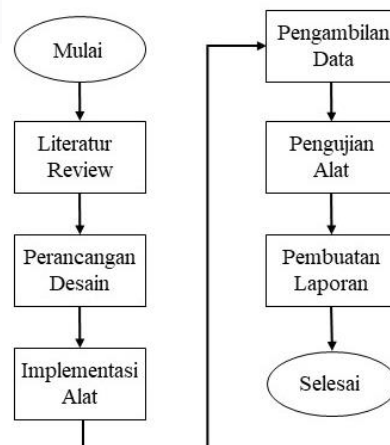


Gambar 7. Software Arduino

III. METODE

A. Alur Penelitian

Penelitian ini merupakan pengembangan alat hidroponik otomatis dengan menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan (JST) dengan menggunakan algoritma backpropagation. Pada bab ini akan membahas tentang langkah langkah yang akan dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini. Alur penelitian dibuat secara garis besar pada gambar 8.



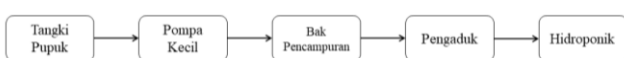
Gambar 8. Alur Penelitian

1. Penelitian ini dimulai dengan melakukan literatur *review* terlebih dahulu pada buku, jurnal, makalah, dan sumber lainnya yang membahas seputar hidroponik sebagai media yang dapat digunakan untuk menambah wawasan dan pengetahuan.
2. Perancangan desain akan dibuat dengan membagi dalam dua bagian yaitu *hardware* dan *software*. Untuk perangkat *hardware* terbagi menjadi dua lagi yaitu mekanika dan elektronika. Perangkat mekanika akan membahas mengenai alat yang akan digunakan dalam pengimplementasian alat hidroponik. Perangkat elektronika akan membahas mengenai rangkaian elektronika sebagai pengendali sistem dan pengumpulan data. Sedangkan *software* akan membahas mengenai *software* apa saja yang digunakan dalam penelitian dan juga cara penggunaannya.
3. Pengimplementasian alat pada penelitian ini dilakukan dengan menghubungkan keseluruhan komponen yang telah didesain dan mulai menjalankan sistem yang telah dibuat.
4. Proses pengambilan data dalam penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan sensor TDS dengan sampel air pada bak pencampuran. Data yang akan dikumpulkan yaitu data ppm dengan hasil pengukuran pada sensor dan juga data ppm target pada tanaman. Setelah itu data akan diolah dengan estimasi menggunakan sistem JST dilakukan dengan menggunakan *software* matlab dalam perhitungan dan penentuan rumus yang akan digunakan.
5. Pengujian pada sistem akan dilakukan dengan mengevaluasi nilai *error* yang dilakukan dengan menentukan *persentase* nilai *error* yang dihasilkan kemudian dilakukan analisa perhitungan nilai rata rata dan standar deviasi dari data yang telah diperoleh sehingga hasil perhitungan dapat memetakan capaian keberhasilan yang didapatkan.
6. Pembuatan laporan merupakan proses penyusunan hasil penelitian yang telah dilakukan. Proses ini merupakan tahap air dalam pengerjaan penelitian ini.

B. Perancangan Desain Hardware dan Software

Sistem otomasi hidroponik dalam penelitian ini terbagi menjadi dua bagian besar yaitu hardware dan software. Hardware akan membahas mengenai peralatan yang digunakan dalam pengimplementasian sistem otomasi ini, sedangkan software akan membahas perangkat pendukung yang akan digunakan dalam melakukan pengestimasi jumlah nutrisi yang akan ditambahkan.

Desain *hardware* kemudian terbagi lagi menjadi dua bagian yaitu mekanika dan elektronika. Sistem mekanika yang digunakan dapat dilihat pada gambar 9 dan sistem elektronika dapat dilihat pada gambar 10.

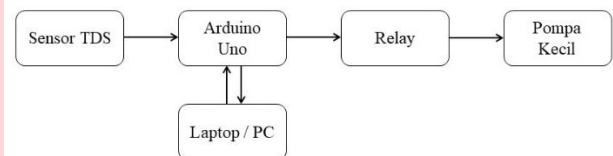


Gambar 9. Blok Diagram Mekanika Sistem

Dari blok diagram diatas, sistem mekanika yang digunakan merupakan komponen yang dibutuhkan didalam pengimplementasian hidroponik. Dalam penelitian kali ini

proses otomasi dilakukan pada pupuk untuk didistribusikan ke bak pencampuran. Proses yang dilakukan dengan pengestimasi nutrisi yang dibutuhkan pada hidroponik dengan menggunakan satuan waktu.

Proses pengestimasi nutrisi menggunakan satuan waktu akan dilakukan dalam satu kali proses estimasi. Nilai ppm pada bak pencampuran akan diukur sehingga dapat dilakukan pengestimasi jumlah nutrisi yang dibutuhkan tanaman untuk mencapai ppm target. Setelah mendapatkan jumlah waktu yang diperlukan, pompa kecil akan mendistribusikan pupuk berdasarkan hasil waktu yang didapatkan ke bak pencampuran. Kemudian, dibak pencampuran akan dilakukan proses pengadukan cairan agar nilai ppm pada keseluruhan bak bernilai sama. Lalu proses ini dapat dilanjutkan ke pendistribusian air menuju hidroponik menggunakan pompa berkapasitas besar.



Gambar 10. Blok Diagram Elektronika Sistem

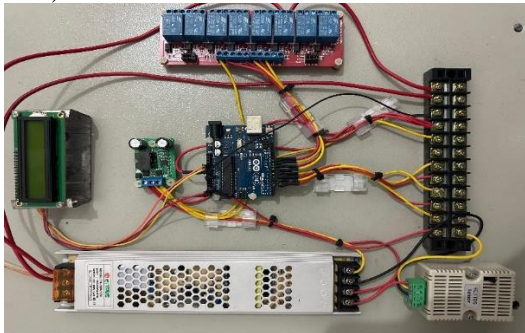
Blok diagram sistem elektronika akan membahas mengenai rangkaian elektronika didalam sistem seperti pada gambar diatas. Laptop/PC digunakan sebagai pembantu dalam pengumpulan data, pengolahan data, serta pemrograman sistem. Sensor TDS berfungsi untuk membaca data kandungan nutrisi pada bak pencampuran selanjutnya data yang diperoleh dikirim ke Arduino. Arduino berfungsi sebagai mikrokontroler penerima data dari sensor serta digunakan untuk menjalankan alat otomasi sesuai perintah. Relay digunakan sebagai saklar untuk mengontrol pompa kecil untuk mendistribusikan pupuk ke bak pencampuran. Sama seperti sistem sebelumnya setelah dilakukan proses pengadukan dan nilai ppm telah sesuai maka air dibak pencampuran akan didistribusikan ke hidroponik dengan pompa.

Software yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu matlab dan juga arduino IDE. Matlab digunakan untuk melakukan pengestimasi jumlah nutrisi dengan menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan (JST). JST disini merupakan metode pengelolaan data dengan menggunakan algoritma backpropagation. Sehingga, sistem ini dapat melakukan prediksi atau peramalan mengenai lama waktu penyalaan keran otomatis agar nutrisi pada bak pencampuran memenuhi target ppm yang telah ditentukan.

Software selanjutnya yaitu software pengontrol pencampuran air dan nutrisi hidroponik. Software ini digunakan untuk melakukan pemrograman pada arduino uno yang digunakan pada sistem elektronika yaitu arduino IDE. Aplikasi ini merupakan aplikasi pemrograman dengan bahasa pemrograman JAVA yang juga dilengkapi dengan library C/C++. Pada penelitian ini kedua software saling berhubungan dimana arduino akan mengelola rumus berdasarkan hasil yang diperoleh dari software matlab.

C. Rangkaian Keseluruhan

Proses merangkai komponen dilakukan setelah memastikan semua perangkat sudah dalam kondisi yang baik dan juga telah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan (Gambar 11).



Gambar 11. Rangkaian Komponen Sistem Otomasi Hidroponik

Pada rangkaian diatas, terdapat Arduino Uno yang digunakan sebagai mikrokontroler atau perangkat utama untuk pengendali, pemantau, dan pemroses data yang terhubung keseluruhan komponen. Arduino Uno akan menerima inputan data dari sensor TDS dan memproses data yang diterima. Untuk mengoperasikan sensor TDS ini memerlukan Inputan 12 volt untuk menjalankan sensor dan melakukan pengukuran konsentrasi zat terlarut dalam air. Untuk memenuhi kebutuhan daya pada rangkaian ini, juga terdapat Power supply trafo 10 ampere 12 volt.

Pada rangkaian lainnya dibutuhkan tegangan sebesar 5 volt, sehingga rangkaian ini juga menggunakan DC-DC Step Down untuk menurunkan tegangan dari 12 volt ke 5 volt. Tegangan 5 volt dari DC-DC Step Down digunakan untuk menyalakan relay 8 channel. Relay ini berfungsi sebagai saklar untuk mengontrol pompa p1000. Dalam hal ini pompa berfungsi sebagai output dari sistem yang telah dibuat. Jadi, Arduino Uno dan sensor TDS secara otomatis memantau konsentrasi zat terlarut dalam air dan memberikan perintah kepada relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa sesuai dengan kebutuhan. Pada proses ini akan menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan (JST).

D. Pengambilan Data

Proses pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sensor TDS dengan objek yang diukur yaitu air yang akan digunakan pada hidroponik. Sensor akan digunakan untuk mengukur nilai ppm yang terkandung didalam air, sehingga penambahan nutrisi dapat dilakukan didalam air tersebut hingga batas ppm target yang diinginkan. Dalam penelitian ini jenis pupuk yang digunakan merupakan jenis pupuk AB-Mix pada gambar 12.



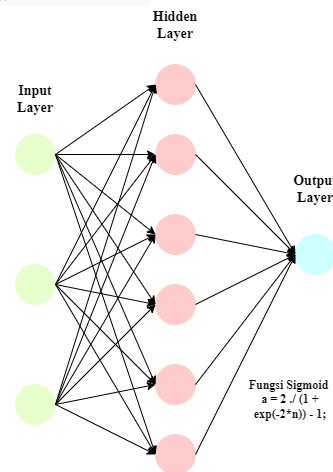
Gambar 12. Pupuk AB-Mix

Penulis melakukan pengambilan data pengukuran ppm dengan memanfaatkan sistem sederhana dengan arduino uno dan sensor TDS, serta membuat codingan pengambilan data. Adapun data yang akan diambil yaitu ppm awal, ppm target, dan ppm awal dikurangkan dengan ppm target. Ppm awal yang digunakan yaitu ppm yang terukur oleh sensor TDS secara realtime. Ppm target yang dimaksud merupakan jumlah ppm yang dibutuhkan tanaman sesuai dengan umur tanaman.

E. Pengestimasiian dengan JST

Pengestimasiian nutrisi akan menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan dengan memanfaatkan algoritma Levenberg-Marquardt dalam proses training data. Levenberg Marquardt merupakan metode optimasi nonlinier yang digunakan pada saat koreksi error backpropagation untuk menemukan bobot yang disesuaikan. Gambar 13 merupakan gambaran Neural network yang digunakan dalam penelitian ini.

Pengestimasiian nutrisi dengan matlab menghasilkan tampilan neural network seperti pada gambar 13. dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa sistem jst pada penelitian ini menggunakan tiga input, satu hidden layer dengan 6 node, serta satu output.



Gambar 13. Neural Network

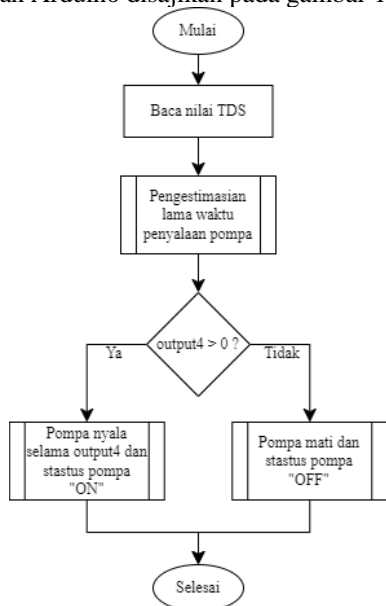
1. Jumlah layer yang digunakan ada tiga yaitu input layer, hidden layer, dan output layer. Input layer yang digunakan terdapat dua Inputan yaitu nilai ppm awal dan nilai ppm target. Terdapat satu hidden layer dengan enam node yang akan digunakan dalam simulasi matlab yang

akan dilakukan. Serta, output layer terdapat satu output berupa waktu.

2. Pada hidden layer terdapat weight dan bias yang digunakan untuk mengelola data input untuk menghasilkan output. Weight dan bias diperoleh dari hasil training yang digunakan pada matlab

F. Implementasi Sistem

Proses pengestimasiian nutrisi pada sistem otomasi hidroponik dilakukan dengan menggunakan aplikasi matlab. Aplikasi ini dibuat dari data yang telah dikumpulkan pada proses sebelumnya. Data yang terkumpul kemudian dikelompokkan berdasarkan output tindakan pada bak pencampuran. Data dikumpulkan sebanyak mungkin kemudian dimasukkan kedalam sistem jaringan syaraf tiruan pada matlab. Data tersebut kemudian dilakukan proses training sebanyak mungkin untuk memperkecil nilai error pada sistem. Semakin banyak proses training maka sistem yang dibuat semakin memiliki banyak sampel untuk dipelajari. Setelah proses training selesai dilakukan, maka sistem akan mengeluarkan output untuk dimasukkan kedalam mikrokontroler Arduino. Maka, setiap pengambilan keputusan yang akan dilakukan dari hasil pengestimasiian jumlah nutrisi dapat dikendalikan secara otomatis dengan Arduino. Alur kendali sistem untuk pengestimasiian nutrisi menggunakan Arduino disajikan pada gambar 14.



Gambar 14. Flowchart Sistem Pengestimasiian Nutrisi

G. Pengujian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi proses pengecekan nilai error. Proses ini merupakan proses yang penting dilakukan untuk mengukur seberapa besar tingkat keberhasilan dari sistem yang telah dibuat. Proses ini dilakukan dengan mengambil beberapa sampel data lalu menguji tingkat keakuratan hasil pengestimasiian nutrisi yang dilakukan. Berikut merupakan rumus yang akan digunakan dalam perhitungan persentase nilai error.

$$Error = \left| \frac{ppm\ akhir - ppm\ target}{ppm\ target} \right| \times 100\%$$

Selanjutnya, tahap pengujian dilanjutkan dengan menghitung nilai rata rata dan juga standar deviasi, agar dapat mengetahui sejauh mana kesalahan dari metode yang digunakan. Rumus mean yang digunakan yaitu *Mean Absolute Error* (MAE) untuk mengukur perbedaan absolut antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya, sehingga memberikan informasi tentang akurasi prediksi secara keseluruhan.

Rumus Mean Absolute Error (MAE) :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |A_i - F_i|$$

Rumus Standar Deviasi :

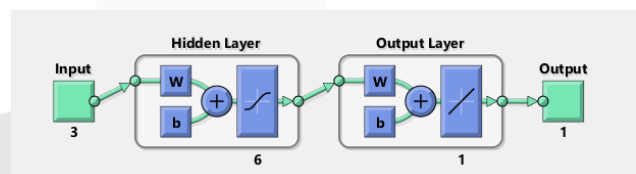
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Training Data Matlab

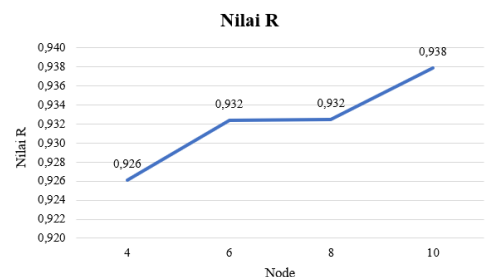
Dari keseluruhan proses pengambilan data, pengolahan data, serta pengestimasiian nutrisi yang telah dilakukan maka berikut merupakan hasil yang diperoleh. Tahap akhir dari pengestimasiian nutrisi menghasilkan arsitektur dasar dari sebuah sistem JST dengan tiga bagian utama yaitu input layer, hidden layer, dan output layer.

Pada input layer terdapat tiga node yang berarti jaringan ini menerima tiga fitur variable input, dimana setiap node di input layer mengambil nilai dari data masukan. Kemudian, jaringan ini menggunakan satu hidden layer dimana pada hidden layer tersebut terdapat enam node, setiap node di hidden layer melakukan kombinasi linear dari input yang diterima dari input layer , diikuti oleh penerapan fungsi aktivasi. Sedangkan pada output layer terdapat satu node yang memberikan hasil akhir dari jaringan syaraf tiruan (Gambar 15).

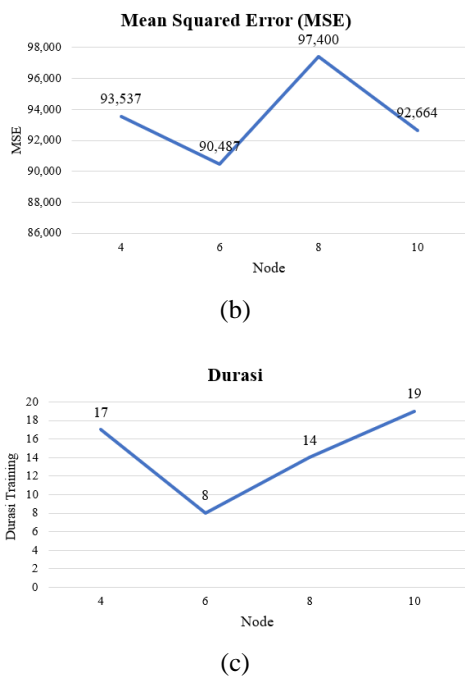


Gambar 15. Sistem JST

Dalam proses penentuan jumlah hidden layer yang akan digunakan, penulis telah melakukan beberapa percobaan dengan membandingkan tiga variable dari proses training data yaitu nilai mean squared error (MSE), nilai R pada data training, dan durasi yang berlangsung dalam proses training. Ketiga hasil ini disajikan pada grafik berikut :



(a)



Gambar 16. Grafik Variable Hasil Training

Pada gambar 16 grafik (a) menunjukkan grafik dengan nilai R yang menunjukkan bahwa hasil terbaik berada pada hidden layer dengan 10 node. Nilai R yang dihasilkan sebesar 0,938. Hasil ini merupakan hasil terbaik dibandingkan pada node lainnya dikarenakan nilai yang dihasilkan paling mendekati angka satu.

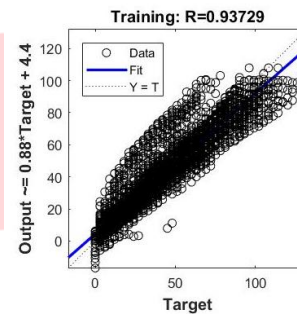
Pada gambar 16 grafik (b) menampilkan grafik mean squared error (MSE) dengan nilai terbaik dihasilkan pada grafik enam node yaitu sebesar 90,487. Nilai ini menunjukkan nilai MSE terkecil dari setiap percobaan yang telah dilakukan, sehingga menunjukkan prediksi yang lebih akurat.

Pada gambar 16 grafik (c) menunjukkan grafik yang menampilkan durasi dalam proses training JST yang dilakukan pada software matlab. Hasil yang diperoleh menunjukkan durasi paling sedikit yaitu pada node enam dengan waktu delapan detik. Durasi tercepat dalam proses ini dinilai sebagai training terbaik dikarenakan dapat menghemat waktu proses training yang dilakukan

Dari ketiga grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa hidden layer dengan enam node merupakan pilihan terbaik untuk diterapkan didalam penelitian ini. Dari ketiga aspek yang dinilai hanya terdapat sedikit perbedaan antara node enam dan delapan yaitu sebesar 0.006. Selain itu, node enam mendapatkan hasil terbaik dalam grafik nilai MSE dan juga memiliki durasi tercepat selama proses training.

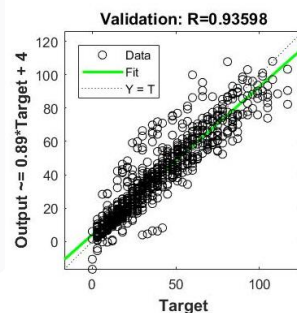
Sistem JST yang telah diperoleh menampilkan hasil analisis data pada plot regression dengan menampilkan grafik kinerja. Setiap grafik memberikan informasi tentang kinerja model pada data yang berbeda yaitu data pelatihan, validasi, pengujian, dan keseluruhan data.

Grafik training pada gambar 17 dengan nilai R : 0.93729 menunjukkan hubungan yang kuat antara nilai prediksi dan target pada data pelatihan. Sumbu vertical (output) menunjukkan nilai yang diprediksi oleh model. Sumbu horizontal (target) menunjukkan nilai target sebenarnya. Garis biru (fit) menunjukkan garis regresi yang dihasilkan oleh model pada data pelatihan. Titik-titik hitam merupakan data yang digunakan dalam proses training sebanyak 70% dari keseluruhan data yaitu sebanyak 4112 data. Garis putus-putus (Y=T) adalah garis identitas yang menunjukkan nilai prediksi sama dengan nilai target. Titik-titik data yang tersebar di sekitar garis biru mengindikasikan bahwa model memiliki performa yang baik dalam mempelajari data pelatihan.



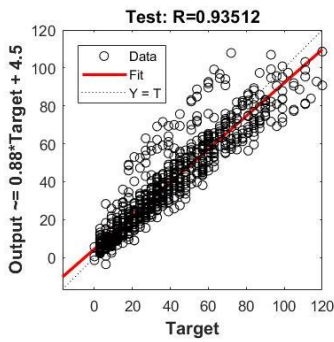
Gambar 17. Grafik Training pada Plot Regression

Grafik validation dengan nilai R : 0.93598 pada gambar 18 menunjukkan hubungan yang kuat antara nilai prediksi dan target pada data validasi. Garis hijau (fit) menunjukkan garis regresi yang dihasilkan oleh model pada data validasi. Titik-titik hitam merupakan data yang digunakan dalam proses validasi sebanyak 15% dari keseluruhan data yaitu sebanyak 881 data. Data validasi digunakan untuk menguji kinerja model selama pelatihan untuk mencegah overfitting. Data validasi ini juga mengindikasikan bahwa model tetap bekerja dengan baik pada data yang tidak terlihat selama pelatihan, menunjukkan kemampuan generalisasi yang baik.



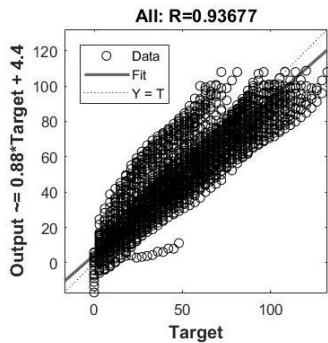
Gambar 18. Grafik Validation pada Plot Regression

Grafik pengujian (test) menghasilkan nilai R : 0.93512 menunjukkan hubungan yang kuat antara nilai prediksi dan target pada data pengujian (Gambar 19). Garis merah (fit) menunjukkan garis regresi yang dihasilkan oleh model pada data pengujian. Titik-titik hitam merupakan data yang digunakan dalam proses pengujian sebanyak 15% dari keseluruhan data yaitu sebanyak 881 data. Data pengujian digunakan untuk mengevaluasi kinerja model setelah pelatihan selesai, memastikan bahwa model memiliki generalisasi yang baik. Grafik ini menunjukkan bahwa model memiliki performa yang baik pada data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.



Gambar 19. Grafik Test pada Plot Regression

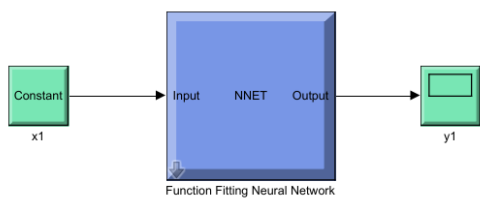
Grafik keseluruhan data dengan nilai R : 0.93677 menunjukkan hubungan yang kuat antara nilai prediksi dan target pada keseluruhan data (Gambar 20). Garis hitam (fit) menunjukkan garis regresi yang dihasilkan oleh model pada keseluruhan data. Titik-titik hitam merupakan keseluruhan data yang digunakan dalam proses ini yaitu sebanyak 5874 data. Grafik ini memberikan gambaran umum tentang kinerja keseluruhan model. Model yang dihasilkan memiliki performa yang konsisten dan baik secara keseluruhan.



Gambar 20. Grafik Keseluruhan pada Plot Regression

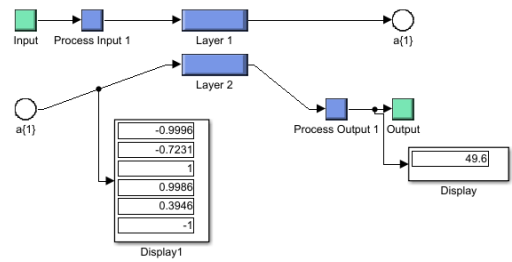
B. Simulink Diagram

Dari grafik hasil yang telah diperoleh, matlab menyajikan hasil training data dengan simulink diagram seperti gambar 21. Pada kotak berwarna biru terdapat hasil berupa algoritma fungsi neural network yang telah dibuat.



Gambar 21. Simulink Diagram

Neural network disajikan dengan memetakan setiap proses yang terjadi didalam layer. Proses yang terjadi dibagi menjadi empat tahap, yaitu proses input, layer 1, layer 2, dan proses output (kotak biru pada gambar 22).



Gambar 22. Function Fitting Neural

Proses Input digunakan untuk mengolah nilai input (Tabel 1) sebelum masuk kedalam hidden layer . Didalam proses ini dihasilkan tiga tahap dimana setiap tahap memiliki rumus tersendiri dalam pengolahan datanya. Berikut nilai inputan yang digunakan dalam penelitian ini :

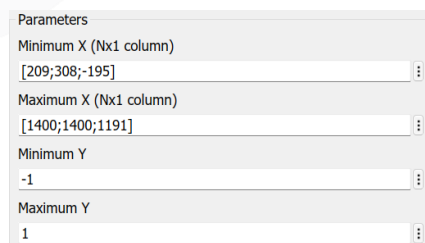
Tabel 1. Nilai Input

Input		
A1	A2	A3
1003	1400	397

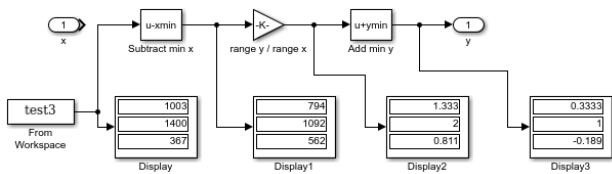
Proses pertama dari proses input yaitu pada subtract min x menggunakan rumus $(u - x_{min})$, dimana nilai u merupakan nilai inputan yang dimasukkan kedalam program. Untuk proses kedua $(range\ y) / (range\ x)$ atau (K) menggunakan rumus $(u * K)$, dimana nilai $K = (y_{max} - y_{min}) / (x_{max} - x_{min})$ untuk nilai parameter tersebut diperoleh dari matlab seperti pada gambar 23 dan perhitungan nilai K disajikan pada tabel 2 serta nilai u menggunakan nilai yang dihasilkan pada proses subtract min x. Kemudian proses ketiga yaitu add min x atau $(u + y_{min})$, nilai u menggunakan nilai yang dihasilkan pada proses sebelumnya yaitu nilai K. Setelah, semua proses berhasil, diperoleh nilai y_{min} sebagai nilai output terakhir dari proses input. Gambaran proses pada untuk menghasilkan nilai Input, disajikan pada gambar 24 dan tabel 3.

Tabel 2. Nilai K Proses Input

1	2	3
$(1 - (-1)) / (1191 - (-195)) = 0.001679$	$(1 - (-1)) / (1400 - 308) = 0.001832$	$(1 - (-1)) / (1191 - (-195)) = 0.001443$



Gambar 23. Parameter pada Nilai K

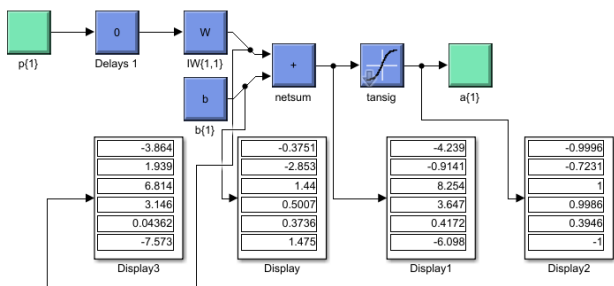


Gambar 24. Proses Input Simulink

Tabel 3. Proses Input

Proses Input								
u-xmin			range y/range x			u+ymin		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
794	1092	592	1,3333	2,0000	0,8543	0,3333	1,0000	-0,1457

Proses selanjutnya yaitu layer 1, proses ini merupakan proses pengolahan data pada hidden layer pertama. Didalam proses ini, terdapat beberapa tahap lagi yaitu dot product, bias, netsum, serta menggunakan fungsi aktivasi sigmoid dalam pengolahan datanya (Gambar 25).



Gambar 25. Proses Layer 1

Proses pertama didalam layer 1 adalah proses dot product. Nilai dari proses ini diperoleh dari perkalian hasil akhir dari proses input pada tahap sebelumnya dan juga nilai weight (Tabel 4) untuk masing masing hidden layer yang dihasilkan dari training neural network pada matlab. Kemudian, semua hasil perkalian tersebut dilakukan penjumlahan hasil sehingga setiap hidden layer didapatkan masing masing satu nilai akhir. Jadi untuk hasil dot product ini terdapat enam nilai yang mewakili masing masing hidden layer (Tabel 5).

Tabel 4. Nilai Weight Layer 1

w1	w2	w3	w4	w5	w6
-0,3422	4,6	-3,608	0,6142	1,955	-4,405
-3,8	0,1997	9,649	3,05	-0,4625	-7,138
-0,2631	-1,087	8,637	0,5718	0,7705	-5,467

Proses kedua dari layer satu yaitu bias, nilai bias diperoleh dari matlab berdasarkan hasil training data. Nilai bias disajikan pada tabel 5. Kemudian, proses selanjutnya yaitu netsum. Netsum dalam proses layer 1 merupakan hasil penjumlahan dari hasil akhir yang diperoleh dari proses Dot Product dan juga nilai bias. Lalu proses terakhir dari layer satu yaitu proses tansig dimana dalam tahap ini data dimasukkan kedalam fungsi aktivasi sigmoid yang digunakan dalam layer satu. Fungsi sigmoid pada layer pertama digunakan karena fungsi sigmoid merupakan fungsi non-

linear yang memetakan input kontinu ke dalam rentang nilai antara 0 dan 1. Fungsi ini berguna dalam JST karena dapat memperkenalkan non-linearitas ke dalam jaringan, yang memungkinkan JST untuk menangkap pola dan relasi yang kompleks dalam data. Setelah itu hasil dari tansig adalah hasil akhir layer satu (Tabel 6).

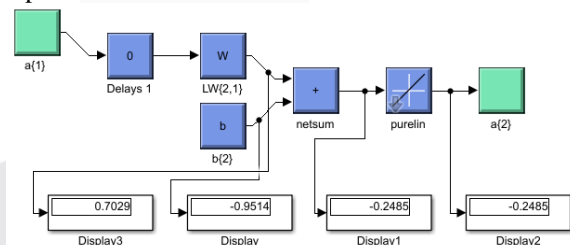
Tabel 5. Proses Layer 1 Dot Product dan Bias

Layer 1											
Dot Product						Bias					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,8	1,8	7,1	3,1	0,0	7,	0,3	2,8	1,	0,5	0,3	1,4
76	91	87	71	77	81	751	53	44	007	736	75

Tabel 6. Proses Layer 1 Netsum dan Tansig

Layer 1											
Netsum						Tansig					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,	0,9	8,6	3,6	0,45	6,	0,99	0,74	1	0,99	0,42	-
25	61	28	72	06	33	96	48	1	87	24	1

Proses selanjutnya yaitu layer 2, proses ini merupakan proses pengolahan data lanjutan dari hidden layer 1 (gambar 26). Didalam proses ini, tahapan proses pengolahan data yang dilakukan sama dengan layer 1 yaitu dot product, bias, netsum, serta menggunakan fungsi aktivasi linear dalam pengolahan datanya. Data yang diolah pada layer 2 merupakan hasil dari layer 1 namun ditambahkan beberapa fungsi. Namun, dalam prosesnya dihasilkan jumlah data yang lebih sedikit yaitu masing masing satu data untuk setiap tahapan.



Gambar 26. Proses Layer 2

Proses pertama adalah proses dot product. Nilai dari proses ini diperoleh dari hasil perkalian nilai tansig pada layer satu yang menggunakan fungsi aktivasi sigmoid dengan nilai weight (Tabel 7) pada hidden layer kedua yang dihasilkan dari training neural network pada matlab. Kemudian, semua hasil perkalian tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan nilai dot product untuk layer dua.

Tabel 7. Nilai Weight Layer 2

w1	w2	w3	w4	w5	w6
1,945	-0,2869	0,03406	2,408	-0,5224	-0,2067

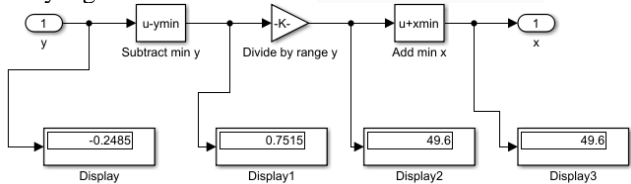
Proses kedua setelah dot product yaitu bias dalam proses layer dua diperoleh berdasarkan hasil training yang dilakukan pada matlab. Lalu, proses dilanjutkan ke netsum dalam proses layer dua merupakan hasil penjumlahan dari

hasil akhir yang diperoleh dari proses Dot Product dan juga nilai bias. Kemudian, proses purelin merupakan fungsi aktivasi linear yang digunakan dalam layer dua. Fungsi aktivasi ini digunakan dalam konteks regresi atau prediksi nilai kontinu untuk memetakan input langsung ke output tanpa transformasi non-linear. Hasil dari fungsi purelin merupakan nilai output dari layer dua (Tabel 8). Ketika dikombinasikan kedua fungsi aktivasi ini saat diterapkan pada hidden layer maka lapisan keluaran yang dihasilkan sangat efektif dalam jst untuk melakukan pengestimasian nilai. Fungsi sigmoid membantu jaringan untuk belajar dan memodelkan pola non-linear dalam data selama proses pelatihan, sedangkan pada fungsi purelin di lapisan keluaran memastikan bahwa hasil akhir dari jaringan adalah nilai kontinu yang sesuai dengan kebutuhan prediksi atau regresi.

Tabel 8. Proses Layer 2

Layer 2			
Dot Product	Bias	Netsum	Purelin
0,695	-0,9514	-0,2565	-0,2565

Dalam proses neural network ini, proses output merupakan proses terakhir dalam pengolahan data (Gambar 27). Proses ini akan menghasilkan nilai akhir dari pengestimasian nutrisi untuk hidroponik. Dalam penelitian ini proses output yang dihasilkan berupa nilai waktu dalam satuan sekon/detik. Tahap yang terjadi didalam proses output merupakan proses pengolahan data yang telah dihasilkan oleh hidden layer 2. Berikut adalah proses output dari training data yang telah dilakukan.

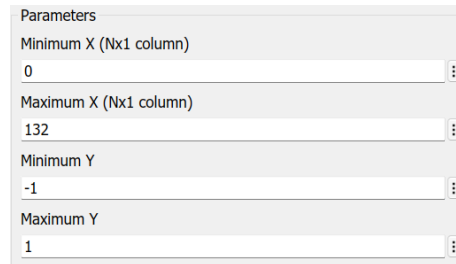


Gambar 27. Proses Output

Tahap awal dari proses output ini yaitu subtract min y, dimana rumusnya adalah $(u - y_{min})$. Nilai u yang digunakan didalam rumus ini merupakan hasil akhir dari proses layer 2. Untuk nilai y_{min} merupakan nilai yang dihasilkan dari proses training data pada matlab. Proses kedua dari proses output yaitu divide by range y. Rumus yang digunakan pada tahap ini yaitu $(y = K * u)$. Nilai u merupakan nilai yang diambil dari tahap sebelumnya yaitu subtract min y dan nilai K diambil dari rumus $(x_{max} - x_{min}) / (y_{max} - y_{min})$ proses perhitungan disajikan pada tabel 9 dan parameter nilai dapat dilihat pada gambar 28. Proses ketiga yaitu add min x, dengan rumus $(u + x_{min})$. Nilai u diperoleh dari nilai akhir pada tahap sebelumnya yaitu divide by range y. Sedangkan nilai dari x_{min} diperoleh dari parameter hasil pengolahan data pada matlab. Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam proses output sehingga nilai yang diperoleh merupakan hasil akhir dari proses output dan juga hasil akhir dari sistem JST (Tabel 10). Nilai yang dihasilkan merupakan output JST berupa lama waktu penyalan pompa dengan satuan sekon/detik.

Tabel 9. Nilai K Proses Output

1
$(132-0)/(1-(-1)) = 66$

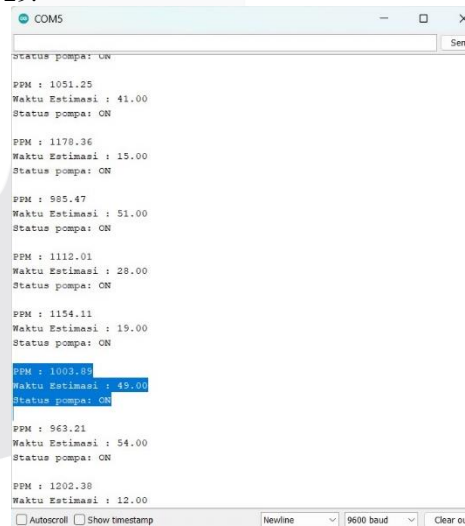


Gambar 28. Parameter pada Nilai K

Tabel 10. Proses Output

Proses Output		
u-ymin	k	u+xmin
0,743	49	49

Proses selanjutnya dalam penelitian ini yaitu menerapkan sistem jaringan syaraf tiruan ke sistem yang telah dibuat di awal. Sehingga, rumus yang diperoleh dari hasil training neural network pada matlab diterapkan pada Arduino. Berikut merupakan hasil running program pada serial monitor Arduino. Diperoleh hasil yang sama antara Arduino, matlab, dan juga pada excel yaitu, jika nilai ppm sebesar 1003 maka waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan nutrisi adalah sebesar 49 detik hasil pengujian dalam dilihat pada gambar 29.



Gambar 29. Serial Monitor Hasil JST

C. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan setelah proses pengestimasian JST menggunakan software matlab kemudian diterapkan pada Arduino. Setelah semua hasil pada software tersebut mengeluarkan nilai output yang sama berupa durasi waktu penyalan pompa, maka dapat dilakukan proses pengujian sistem. hasil pengujian sistem dilakukan proses pengecekan nilai error yang terjadi pada alat. Pengujian pertama dilakukan dengan menghitung nilai

persentase error. Hasil perhitungan sistem dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian Sistem

Ppm Awal	Ppm Target	Durasi	Ppm Akhir	Error (%)
295	500	7	694	38,8
255	500	8	706	41,2
264	500	8	517	3,4
250	600	11	791	31,8
277	600	11	805	34,2
273	600	11	671	11,8
264	600	11	723	20,5
255	600	11	779	29,8
300	600	10	814	35,7
255	700	21	845	20,7
241	700	21	806	15,1
273	700	21	819	17,0
264	700	21	787	12,4
228	700	22	779	11,3
286	800	27	830	3,8
747	900	14	974	8,2
837	1000	24	1062	6,2
802	1000	28	1025	2,5
517	1000	46	1062	6,2
853	1000	22	1104	10,4
810	1000	27	1007	0,7
864	1000	21	1036	3,6
891	1000	18	1044	4,4
802	1000	28	1011	1,1
833	1000	24	1018	1,8
731	1000	34	1047	4,7
783	1000	30	1036	3,6
671	1100	63	1133	3,0
791	1100	54	1157	5,2
868	1100	47	1147	4,3
Rata - rata				13,1

Berdasarkan hasil perhitungan nilai error yang telah dilakukan, dapat dilihat pada tabel 11 bahwa hasil pengujian untuk sistem nilai error terbesar yang didapatkan yaitu sebesar 41,2% sedangkan nilai error terkecil yaitu sebesar

0,7%. Adapun nilai rata – rata dari keseluruhan pengambilan data yaitu sebesar 13,1%.

Setelah perhitungan nilai persentase error, selanjutnya dilakukan perhitungan analisa menggunakan rumus nilai rata rata dan standar deviasi. Mean Absolute Error (MAE) yang didapat dari hasil perhitungan yaitu sebesar 87,6. Nilai ini menunjukkan rata-rata prediksi ppm saat dilakukan pengestimasian nutrisi. Dari rentang nilai yang telah dibuat dalam penelitian ini yaitu 1-1100 diperoleh MAE sebesar 87,6, sehingga dapat dilihat nilai ini masih cukup kecil untuk nilai error.

$$MAE = \frac{|2629|}{30} = 87,6$$

Nilai yang dihasilkan dari rumus standar deviasi untuk pengestimasian nilai nutrisi dalam bak pencampuran air hidroponik yaitu sebesar 12,4. Data ini menandakan bahwa sebaran data yang diperoleh cukup dekat dengan rata-rata yang nilainya 13,1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai eror memiliki konsistensi atau variasi yang rendah dari nilai rata-ratanya. Oleh karena itu, perhitungan nilai error relatif stabil dan konsisten.

$$\sigma = \sqrt{\frac{4586,6}{30}} = \sqrt{152,9} = 12,4$$

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini membahas mengenai pengestimasian nutrisi hidroponik menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan (JST). Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian ini, yaitu :

1. Penginstrumentasian sensor ppm dengan mikrokontroler Arduino dalam mengukur kualitas air telah berhasil dilakukan. Sensor TDS sebagai alat ukur dapat mengirimkan nilai bacaan ke Arduino sesuai dengan instruksi yang diberikan. Namun dalam penerapannya, pembacaan kualitas air dalam sistem masih terjadi beberapa kendala dikarenakan umur sensor yang sudah cukup lama sehingga kinerja sedikit berkurang.
2. Hasil pengestimasian nutrisi menggunakan sistem JST dengan software matlab telah didapatkan hasil yang sesuai. Hasil training yang didapatkan dari matlab sebesar 0,93. Hasil ini menunjukkan bahwa keberhasilan training yang dilakukan sudah baik. Setelah itu, JST diterapkan ke software Arduino sehingga diperoleh hasil yang sudah sesuai dengan nilai pada matlab. Hasil yang dimaksud adalah output berupa lama waktu penyalan pompa.
3. Dari sistem yang telah dibuat, dilakukan proses pengujian sistem dengan 30 data pengujian sistem dan didapatkan hasil perhitungan nilai error sebesar 13,1%. Ini berarti persentase keberhasilan dari sistem ini sebesar 86,9%. Hasil ini masih terbilang cukup baik dalam pengestimasian nutrisi menggunakan sistem JST. Untuk proses analisa yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan dua rumus yaitu Mean Absolute Error (MAE) dan juga standar deviasi. Untuk nilai MAE diperoleh nilai 87,6 dari rentang nilai 1-1100 dalam

proses pengujian data. Untuk standar deviasi yang diperoleh sebesar 12,4. Jika dibandingkan dengan nilai rata-rata sebesar 13,1 maka kedua tersebut menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda. Maka, proses analisa dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan hasil kinerja penerapan JST untuk mengestimasi nutrisi sudah cukup baik.

B. Saran

Selama proses penelitian ini berlangsung, terdapat beberapa hal yang masih perlu dimaksimalkan untuk hasil yang lebih memuaskan. Berikut merupakan saran yang dapat dipertimbangkan dari penelitian ini :

1. Sensor TDS sebaiknya menggunakan sensor yang telah dipastikan memiliki kinerja maksimal dalam pembacaan data agar nilai yang dihasilkan lebih konsisten.
2. Proses pengambilan data diusahakan memiliki variasi nilai yang relative cukup sama sehingga proses training pada matlab lebih akurat lagi. Serta menggunakan data yang banyak dalam proses training untuk meningkatkan kinerja model secara keseluruhan baik dalam hal akurasi prediksi maupun dalam kemampuan model untuk menangkap nuansa dan variasi dalam data.

REFERENSI

- [1] M. A. Rizaty, "Pengeluaran Konsumsi Sayur di Indonesia Turun per September 2021 Artikel ini telah tayang di DataIndonesia.id dengan judul 'Pengeluaran Konsumsi Sayur di Indonesia Turun per September 2021', Author: Monavia Ayu Rizaty. Editor: Dimas Bayu. Klik selengkapnya," 2022. <https://dataindonesia.id/bursa-keuangan/detail/pengeluaran-konsumsi-sayur-di-indonesia-turun-per-september-2021>
- [2] A. W. Finaka, "Berapa Jumlah Penduduk Indonesia Ya?" <https://indonesiabaik.id/infografis/berapa-jumlah-penduduk-indonesia-ya#:~:text=Berdasarkan data Badan Pusat Statistik,sebanyak 272%2C68 juta jiwa.>
- [3] A. W. Finaka, "Fakta Menarik Sensus Penduduk 2020." <https://indonesiabaik.id/infografis/fakta-menarik-sensus-penduduk-2020-1#:~:text=Berdasarkan sebaran penduduk%2C Pulau Jawa,dan Maluku 1%2C17 persen.>
- [4] A. Fauzan and R. Fahlefi, "Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis Arduino Uno," *J. Ilm. Mhs. Kendali dan List.*, vol. 3, no. 1, p. page-page, 2022.
- [5] S. T. Elektro, F. Teknik, U. N. Surabaya, P. W. Rusimamto, and M. S. Zuhrie, "Pengendalian Suhu Air Nutrisi Pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) Berbasis Fuzzy Logic Controller Pengendalian Suhu Air Nutrisi Pada Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) Berbasis Fuzzy Logic Controller Ikko Asmbangnirwana," pp. 108–116, 2019.
- [6] K. Setyohadi, Ibrahim, and R. Rahamdewi, "Sistem Kontrol pH Dan Nutrisi Otomatis Pada Tanaman Hidroponik Bayam Berbasis Fuzzy Logic," vol. 6, no. 3, pp. 295–307, 2020, doi: 10.5281/zenodo.4542605.
- [7] R. L. Alam and A. Nasuha, "Alat Pengontrol Ph Air dan Monitoring Lingkungan Tanaman Hidroponik Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Internet Of Things," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 5, no. 1, Sep. 2020, doi: 10.21831/elinvo.v5i1.34587.
- [8] V. B. Kusnandar, "Berapa Jumlah Angkatan Kerja Indonesia 2022?" <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/06/08/berapa-jumlah-angkatan-kerja-indonesia-2022>
- [9] P. Penerapan, A. Pedagang, P. Petisah, and ..., "Proposal Pengabdian Kepada Masyarakat (Ppm) 2019," *Osf.Io*, 2023, [Online]. Available: <https://osf.io/mykc2/download>
- [10] Sotyohadi, Wahyu Surya Dewa, and I Komang Somawirata, "Perancangan Pengatur Kandungan TDS dan PH pada Larutan Nutrisi Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–43, 2020, doi: 10.36040/alinier.v1i1.2520.
- [11] A. Malik and R. Hartono, "Sistem Otomatis Pembuatan Nutrisi Ideal untuk Tanaman Pakcoy Menggunakan kendali Logika Fuzzy," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 9, no. 2, pp. 154–164, 2021, doi: 10.34010/telekontran.v9i2.5624.
- [12] L. Nurhani, A. Gunaryati, S. Andryana, and I. Fitri, "Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation Untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru," *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Multimed.*, pp. 25–30, 2018.
- [13] Anonim, "Pilar Ketahanan Pangan," 2019. <https://dishanpan.asahankab.go.id/index.php/content/news/pilar-ketahanan-pangan>
- [14] Anonim, "8 Kandungan Gizi Penting untuk Hidup Sehat." <https://telemed.ihc.id/artikel-detail-152-8-Kandungan-Gizi-Penting-untuk-Hidup-Sehat.html#:~:text=Kriteria makanan sehat dan bergizi,makanan tertentu dari program diet.>
- [15] S. Arif, W. Isdijoso, A. R. Fatah, and A. R. Tamyis, "Tinjauan Strategis Ketahanan Pangan dan Gizi di Indonesia," 2020, [Online]. Available: https://www.smeru.or.id/sites/default/files/publication/rr_fsn_indonesia_finalreport_ind.pdf
- [16] Anonim, "Daratan dan Lautan, Berapa Luas Wilayah Indonesia," 2021. <https://www.kelaspintar.id/blog/tak-berkategori/daratan-dan-lautan-berapa-luas-wilayah-indonesia-14400/>
- [17] Anonim, "Pengertian Ketahanan Pangan." <https://www.bulog.co.id/beraspangan/ketahanan-pangan/>
- [18] M. S. Ir. Antiek Sugiharti, "Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota Surabaya." <https://dkpp.surabaya.go.id/home>
- [19] A. Setiawan, *Buku Pintar Hidroponik*. Yogyakarta: Laksana, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=gH7EDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=hidroponik>

- &ots=Jn0KtO7u8d&sig=RlowaH0HHmA_0guToMLuBraJk8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [20] 2017:19-21) Burch dan Grudnitski dalam (Fauzi, "Bab II Landasan Teori," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [21] W. Hendromartono and D. Hartanti, "Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation Dalam Memprediksi Indeks Harga Saham Gabungan (Ihsg)," *J. Tek. Inform. STT-PLN*, pp. 1689–1699, 2013.
- [22] J. R. Simanungkalit, H. Haviluddin, H. S. Pakpahan, N. Puspitasari, and M. Wati, "Algoritma Backpropagation Neural Network dalam Memprediksi Harga Komoditi Tanaman Karet," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 12, no. 1, pp. 32–38, 2020, doi: 10.33096/ilkom.v12i1.521.32-38.
- [23] Anonim, "Arduino Uno." https://id.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno
- [24] R. P. Wirman, I. Wardhana, and A. Isnaini, "Jurnal Fisika Kajian Tingkat Akurasi Sensor pada Rancang Bangun Alat Ukur Total Dissolved," vol. 9, no. 1, pp. 37–46, 2019.
- [25] D. Dan, A. E. Urban, and L. T. Akhir, "FARMING UNTUK MENGENDALIKAN KUALITAS AIR KOLAM MENGGUNAKAN ALGORTIMA FUZZY DESIGN AND ANALYSIS OF E-FISHERY URBAN FISH FARMING FOR CONTROLLING POND WATER QUALITY USING FUZZY ALGORITHM," 2022.
- [26] "Matlab." <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>