

**SISTEM PENGENDALIAN NUTRISI PADA HIDROPONIK  
*NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) DENGAN METODE  
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)**

*Nutrition Control System in Nutrient Film Technique (NFT) Hydroponics  
With Convolutional Neural Network (CNN) Method*

**FITRIANI  
D032201005**



**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK ELEKTRO  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA  
2023**



**PENGAJUAN TESIS**

**SISTEM PENGENDALIAN NUTRISI PADA HIDROPONIK  
*NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) DENGAN METODE  
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister  
Program Studi Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh:

ttd

**FITRIANI  
D032201005**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**



# TESIS

## SISTEM PENGENDALIAN NUTRISI PADA HIDROPONIK *NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT) DENGAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)*

**FITRIANI  
D032201005**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 6 Desember 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.  
NIP. 19640427 198910 1 002

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Eng. Ir. Syafaruddin, S.T., M.Eng., IPU  
NIP. 19740530 199903 1 003

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



Dr. Muhammad Isran Ramli, M.T. IPM., ASEAN.Eng.  
NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi  
S2 Teknik Elektro



Dr. Eng. Ir. Wardi, ST., M.Eng  
NIP. 19720828 199903 1 003



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fitriani  
Nomor Mahasiswa : D032201005  
Program Studi : Magister Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis yang berjudul “ Sistem Pengendalian Nutrisi Pada Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) Dengan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc dan Prof. Dr. Eng. Ir. Syafaruddin, ST., M.Eng., IPU.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini akan dipublikasikan di Jurnal/Prosiding (*International Seminar On Machine Learning, Optimization And Data Science* (ISMODE 2022)) sebagai artikel dengan judul “*Nutrient Control system In Nutrient Film Tehcnique (NFT) Hydroponics With Convolutional Neural Netword (CNN) Methode*”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 11 Januari 2024  
Yang Menyatakan



Fitriani



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alam, segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala Yang Maha Sempurna, yang telah memberikan rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**Sistem Pengendalian Nutrisi Pada Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) Dengan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)**” sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang pendidikan Pascasarjana pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak sangatlah sulit untuk menyelesaikan penulisan tesis ini. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada seluruh dosen dan staf pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, dan seluruh pihak yang telah membantu dalam pembuatan penulisan tesis ini.

Dalam penulisan tesis ini penulis banyak mendapatkan bantuan, arahan, serta bimbingan dari berbagai pihak sehingga laporan tesis ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Untuk itu penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua Penulis, Ayahanda Risman dan Ibunda A. Nurintang sebagai sumber kekuatan utama dalam perjuangan penulis menyelesaikan tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc dan Prof. Dr. Eng. Ir. Syafaruddin, S.T.,M.Eng., IPU. selaku pembimbing yang senantiasa memberikan saran, nasehat, dan solusi terhadap masalah-masalah yang dihadapi selama penelitian.
3. Bapak Dr. Eng. Wardi, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro.
4. Rekan-rekan S-2 Teknik Informatika angkatan 2020 yang selalu kompak.
5. Para sahabat seperjuangan Lab. *Computer Based System*, serta semua teman-teman di Program Studi Teknik Elektro yang telah berbagi suka duka.
6. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih baik lagi.



Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, Februari 2023

FITRIANI



## ABSTRAK

**FITRIANI.** Sistem Pengendalian Nutrisi Pada Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) Dengan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN). (dibimbing oleh **Zahir Zainuddin** dan **Syafaruddin**).

Kebutuhan nutrisi dan Potensi Hidrogen (pH) tanaman hidroponik harus dipertahankan, sistem pengendalian nutrisi dapat memudahkan pengendalian dan pemantauan nutrisi agar tetap sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pada penelitian ini dibuat sistem kontrol otomatis nutrisi dan pH pada model hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT). Proses sistem kendalinya menggunakan mikrokontroler dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Secara keseluruhan sistem dapat melakukan proses pengendalian nutrisi secara otomatis tanpa menggunakan laptop. Sistem berjalan sepenuhnya didalam mikrokontroler. Sistem kendali menggunakan metode CNN dengan input parameter pH, nutrisi dan waktu serta output durasi pH up, pH down, nutrisi, dan pompa air untuk mencapai nilai target yang ditetapkan. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pengujian sensor pH mempunyai tingkat akurasi sebesar 99,04% dan sensor *Total Dissolved Solid* (TDS) memiliki tingkat akurasi sebesar 98,90%.

**Kata kunci:** Hidroponik NFT, Nutrisi, pH, *Convolutional Neural Network*



## ABSTRACT

**FITRIANI.** Nutrition Control System in Nutrient Film Technique (NFT) Hydroponics Using the Convolutional Neural Network (CNN) Method. (supervised by **Zahir Zainuddin** and **Syafaruddin**).

The nutritional needs and Potential of Hydrogen (pH) of hydroponic plants must be maintained, a nutritional control system can make it easier to control and monitor nutrients so that they remain in accordance with plant needs. In this research, an automatic control system for nutrition and pH was created in the Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic model. The control system process uses a microcontroller with the Convolutional Neural Network (CNN) method. Overall the system can carry out the nutrition control process automatically without using a laptop. The system runs entirely within the microcontroller. The control system uses the CNN method with the input parameters pH, nutrition, and time as well as output the duration of the pH up, pH down, food, and water pump to reach the set target value. The results of the research that has been done show that the pH sensor test has an accuracy rate of 99,04% and the Total Dissolved Solid (TDS) sensor has an accuracy rate of 98,90%.

**Keywords:** Hydroponic NFT, Nutrition, pH, Convolutional Neural Network





## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VIII</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>IX</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>XI</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>XII</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>XIII</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	5
1.3 TUJUAN PENELITIAN .....	5
1.4 MANFAAT PENELITIAN .....	6
1.5 BATASAN MASALAH.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 <i>NUTRIENT FILM TECHNIQUE</i> (NFT) .....	7
2.2 PAKCOY .....	8
2.3 <i>CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK</i> (CNN).....	8
2.3.1 <i>Konvolusi dalam Neural Network</i> .....	9
2.3.2 <i>Lapisan Konvolusi</i> .....	10
2.3.3 <i>Lapisan penggabungan</i> .....	12
2.3.4 <i>Fully Connected Layer</i> .....	13
2.3.5 <i>Padding</i> .....	13
2.3.6 <i>Deep stacking</i> .....	14
2.3.7 <i>Firestore</i> .....	15
2.4 <i>SENSOR TOTAL DISSOLVED SOLID</i> (TDS) .....	15
2.5 SENSOR PH.....	16
2.6 MIKROKONTROLER ESP32 .....	17
2.7 <i>MODUL RELAY 4 CHANNEL</i> .....	18
<i>LIQUID CRYSTAL DISPLAY</i> (LCD).....	19
<i>POWER SUPPLY</i> .....	20
<i>MPA MINI DC 12 VOLT</i> .....	20
<i>16 X PANEL</i> .....	21



2.12 PENELITIAN TERKAIT.....	21
2.13 <i>STATE OF THE ART</i> .....	23
2.14 KERANGKA PIKIR.....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>28</b>
3.1 TAHAPAN PENELITIAN.....	28
3.2 WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN .....	29
3.3 JENIS PENELITIAN.....	29
3.4 PERANCANGAN SISTEM .....	29
3.4.1 Blok Diagram.....	31
3.4.2 Flowchart .....	31
3.4.3 Skema alat .....	33
3.4.4 Tahap Training Model.....	34
3.4.5 <i>Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN)</i> .....	40
3.5 SUMBER DATA .....	42
3.6 PERANGKAT KERAS.....	42
3.7 PERANGKAT LUNAK .....	45
3.8 ALAT UKUR.....	47
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
4.1 SKEMA SISTEM PENGENDALI NUTRISI DAN HIDROPONIK MODEL NFT.....	49
4.2 PERFORMA <i>CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK</i> .....	50
4.3 PENGUJIAN PENGONTROLAN SISTEM KENDALI CNN.....	52
4.4 HASIL PRODUKSI PAKCOY MENGGUNAKAN SISTEM.....	53
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>58</b>
5.1 KESIMPULAN .....	58
5.2 SARAN .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>59</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR 1.</b> KONVOLUSI DALAM <i>NEURAL NETWORK</i> .....	10
<b>GAMBAR 2.</b> LAPISAN KONVOLUSI .....	11
<b>GAMBAR 3.</b> LAPISAN PENGGABUNGAN .....	12
<b>GAMBAR 4.</b> <i>FULLY CONNECTED LAYER</i> .....	13
<b>GAMBAR 5.</b> <i>PADDING</i> .....	14
<b>GAMBAR 6.</b> <i>DEEP STACKING</i> .....	14
<b>GAMBAR 7.</b> SENSOR TDS .....	15
<b>GAMBAR 8.</b> SENSOR PH .....	17
<b>GAMBAR 9.</b> ESP32 .....	18
<b>GAMBAR 10.</b> RELAY 4 CHANEL .....	18
<b>GAMBAR 11.</b> <i>LIQUID CRYSTAL DISPLAY</i> .....	19
<b>GAMBAR 12.</b> <i>POWER SUPPLY</i> .....	20
<b>GAMBAR 13.</b> POMPA MINI 12 DC .....	21
<b>GAMBAR 14.</b> BOX PANEL .....	21
<b>GAMBAR 15.</b> KERANGKA BERPIKIR .....	27
<b>GAMBAR 16.</b> TAHAPAN PENELITIAN .....	28
<b>GAMBAR 17.</b> LOKASI PENELITIAN .....	29
<b>GAMBAR 18.</b> SKEMA SISTEM HIDROPONIK MODEL NFT .....	30
<b>GAMBAR 19.</b> BLOK DIAGRAM SISTEM .....	31
<b>GAMBAR 20.</b> <i>FLOWCHART SYSTEM CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)</i> .....	32
<b>GAMBAR 21.</b> SKEMA ALAT .....	33
<b>GAMBAR 22.</b> MODEL KERAS .....	34
<b>GAMBAR 23.</b> KONVERT MODEL KE <i>TENSORFLOWLITE</i> .....	35
<b>GAMBAR 24.</b> CONVERT KE HEXFILE .....	35
<b>GAMBAR 25.</b> MASUKKAN NILAI INPUT .....	36
<b>GAMBAR 26.</b> PENGENDALIAN AKTUATOR/POMPA .....	36
<b>GAMBAR 27.</b> STRUKTUR MODEL CNN .....	40
<b>GAMBAR 28.</b> ARSITEKTUR <i>CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)</i> .....	40
<b>GAMBAR 29.</b> HASIL AKTUALISASI PLANT HIDROPONIK .....	49
<b>GAMBAR 30.</b> TAMPILAN DATA NUTRISI SECARA <i>REALTIME</i> .....	50
<b>GAMBAR 31.</b> GRAFIK AKURASI DAN KESALAHAN TRAINING .....	51
<b>GAMBAR 32.</b> PROSES MENGUKUR TINGKAT AKURASI MENGGUNAKAN RMSE .....	52
<b>GAMBAR 33.</b> HASIL UKURAN TINGKAT AKURASI SISTEM MENGGUNAKAN RMSE .....	52
<b>GAMBAR 34.</b> PENANAMAN PAKCOY SECARA HIDROPONIK MODEL NFT .....	54
<b>GAMBAR 35.</b> HASIL PENANAMAN PAKCOY .....	54



## DAFTAR TABEL

<b>TABEL 1.</b> <i>STATE OF THE ART</i> .....	24
<b>TABEL 2.</b> DATASET PENELITIAN .....	37
<b>TABEL 3.</b> PENGUJIAN SISTEM KENDALI CNN .....	52
<b>TABEL 4.</b> PERTUMBUHAN TANAMAN DENGAN SISTEM KENDALI NUTRISI .....	55
<b>TABEL 5.</b> PERTUMBUHAN TANAMAN TANPA SISTEM KENDALI.....	56
<b>TABEL 6.</b> PERBANDINGAN TANAMAN YANG MENGGUNAKAN SISTEM PENGENDALIAN NUTRISI DAN TANPA SISTEM KENDALI .....	57



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.....	61
LAMPIRAN 2.....	64



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Nutrient Film Technique* (NFT) ialah salah satu metode yang popular digunakan dalam hidroponik. Dalam metode NFT, pangkal tumbuhan ditempatkan pada susunan bawah air yang bersirkulasi serta memiliki nutrisi ataupun faktor hara. Keuntungan memakai tata cara penanaman dengan metode *Nutrient Film Technique* (NFT) adalah perkembangan tumbuhan jadi lebih gampang dikendalikan (Nursyahid *et al.*, 2021). Sistem NFT secara terus menerus mengalirkan nutrisi yang terlarut dalam air. Nutrisi ini mengalir ke dalam gully melewati akar-akar tanaman setelah itu kembali lagi ke penampungan air.

Permasalahan yang peneliti temukan dilapangan terletak pada proses produksi tanaman hidroponik, dimana hasil produksi sepatutnya mempunyai kemampuan yang lebih besar tetapi pada kenyataannya hasil produksi tanaman hidroponik berada pada tingkatan yang rendah. Permasalahan tersebut diakibatkan oleh bermacam aspek antara lain keadaan area dan proses interaksi tumbuhan saat mengalami perkembangan. Ada pula aspek dominan yang diamati periset ialah pada proses pemberian pupuk dan model wadah yang dijadikan medium pada tumbuhan yang dianggap kurang maksimal. Secara harfiah, sesuatu proses penanaman bisa dikatakan sempurna kala masing-masing variabel yang jadi pengaruh bisa bersaturasi dengan baik, sebagian variabel yang jadi penanda tersebut antara lain media tanam, nutrisi mineral, larutan nutrisi, suhu, air, sinar serta cuaca. Pada penerapan metode NFT dalam hidroponik para pelaku budidaya pertanian mempunyai problematika yang sama dengan penerapan metode hidroponik yang lain, ialah kegiatan pemantauan serta pengontrolan nutrisi, tingkat keasaman pH

hidroponik masih dicoba secara konvensional, proses semacam ini jadi ngkal kasus karena lewat banyak kegiatan fisik yang berakibat pada



efisiensi waktu, serta proses revisi nutrisi jadi tidak efisien karena dilakukan dengan intuisi serta hipotesa.

Larutan nutrisi juga dapat dipertahankan dan dikontrol sesuai dengan kebutuhan tanaman dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Hal ini mendasari adanya sistem kontrol secara sederhana maupun otomatis pada larutan nutrisi. Selain *Electrical Conductivity* (EC) dan konsentrasi larutan nutrisi, suhu dan pH merupakan komponen yang sering dikontrol untuk dipertahankan pada tingkat tertentu untuk optimalisasi tanaman. Suhu dan pH larutan nutrisi dikontrol dengan tujuan agar perubahan yang terjadi oleh penyerapan air dan ion nutrisi tanaman (terutama dalam hidroponik dengan sistem yang tertutup) dapat dipertahankan. Seharusnya, untuk mempermudah dalam mengelola air nutrisi hidroponik, dapat dibuat sebuah sistem yang dapat memantau dan mengendalikan nutrisi, suhu dan tinggi pada air dalam pertanian hidroponik menerapkan konsep teknologi *Internet of Things* (IoT) agar rangkaian proses yang dianggap kurang efektif dan efisien dapat dioptimalkan dengan sistem otomatisasi.

Beberapa penelitian yang berkaitan seperti Diego Palacios Dkk (2019) yang menjelaskan mengenai parameter produksi kuantitatif tomat secara komputasional melalui *digital image processing* dan *neural networks*. Sebuah rangkaian proses komputasional dilakukan dalam rangka menghitung total area pixel dari tomat yang ditampilkan dan mengambil indikator kuantitas dari pengembangan produksi hidroponik. Sangat mungkin untuk mengidentifikasi melalui level pixel secara objektif melalui sistem hidroponik tomat tersebut dengan margin error sebesar 1,07% dan berdasarkan indikator kuantitas produksi tersebut pun dapat diperoleh secara digital (Palacios *et.al.*, 2019). Namun, sistem tidak dirancang untuk menambah nutrisi jika jumlahnya kurang dari yang seharusnya. Penelitian ini berupaya untuk menerapkan perkembangan teknologi yang semakin maju pada bidang pertanian, khususnya hidroponik. Diki dkk (2020) membahas mengenai urgensi tanaman hidroponik agar tetap dapat dirawat serta dipantau dari jarak jauh,

menggunakan mikrokontroler WeMOS Mega + WiFi R3 ATmega2560 integrasi dengan berbagai sensor sistem otomasi berbasis IoT dapat dilakukan. Hasil penelitian ini tingkat kelayakan alat ini dilihat dari batas error



yang dimiliki pada setiap sensor. Untuk sensor *parts per million* (ppm) memiliki rata-rata error sebesar 3,181818182%. Untuk sensor suhu memiliki nilai rata-rata error sebesar 23,571428%. Untuk sensor pH memiliki rata-rata error sebesar 0,102666667% (Fajari *et.al.*, 2020). A Nursyahid dkk (2021) yang membahas tentang hidroponik sistem NFT dapat dijadikan sebagai alternatif dalam meningkatkan kebutuhan terhadap bahan makanan. Kebutuhan akan nutrisi tanaman merupakan sebuah parameter yang wajib dipertimbangkan. Sistem yang menggunakan *linear regression method* ini mengontrol jumlah nutrisi. Hasil uji akurasi dari penelitian ini menghasilkan nilai sebesar 87,84% (Nursyahid *et al.*, 2021). Yuga Hadfridar Putra dkk (2018) membahas tentang Pengontrolan nutrisi, suhu air, volume air nutrisi, suhu lingkungan, pH dan kelembaban untuk sistem hidroponik masih dilakukan secara manual ataupun konvensional. Hasil dari penelitian ini sistem secara keseluruhan dapat melakukan proses pemantauan dan pengendalian suhu, nutrisi dan tinggi air pada pertanian hidroponik secara otomatis, saat tinggi air kurang dari batas minimal (5cm) maka pompa pengisian akan aktif, ketika tinggi air lebih dari batas maksimal (10cm) maka pompa pembuangan akan aktif, saat suhu air kurang dari batas minimal (23°C) maka heater akan aktif, apabila suhu air lebih dari batas maksimal (27°C) maka kipas akan aktif, dan saat nutrisi kurang dari batas minimal (600ppm) maka pompa pupuk akan aktif hingga batas maksimal (800ppm) (Yuga *et.al.*, 2018). Iswanto dkk (2020) membahas tentang otomatisasi, sistem hidroponik dengan metode NFT. Arduino digunakan sebagai mikrokontroler yang mengatur komposisi sebuah larutan yang membawa nutrisi untuk disalurkan oleh pemompa. Hasil dari penelitian ini menghasilkan alat yang dapat meregulasi penyaluran nutrisi untuk sebuah sistem hidroponik yang menggunakan metode NFT secara otomatis (Iswanto *et.al.*, 2020). Jirabhorn Chaiwongsai (2019) tentang model penanaman hidroponik pada iklim tropis membutuhkan sebuah kontrol kelembapan, suhu, level air, pH dan faktor EC yang sesuai dengan iklim tropis. Penelitian ini bertujuan untuk mengotomatisasi kontrol

ajemen sistem untuk jenis penanaman hidroponik tropis. Riwayat data pada website aplikasi, yang memudahkan pengguna dalam memonitor, emen, dan melakukan *setting* preferensi secara *online*. Sistem ini diuji di





kebun hidroponik Thailand utara. Hasil penelitian ini mengevaluasi hasil yang ditampilkan oleh sistem dalam mengambil keputusan berdasarkan pengelompokan multisensori (Chaiwongsa, 2019). Otrinanda Gandhi (2019) yang pada penelitiannya menggunakan *servo valve* dalam melakukan kontrol melalui mikrokontroller berbasis IoT. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem dapat menumbuhkan tanaman, seperti panjang tanaman, lebar daun dapat lebih menyesuaikan dengan pipa tanaman (Gandhi *et.al.*, 2019).

Berdasarkan penelitian yang terdahulu mengenai sistem kontrol yang pernah dibuat sejauh ini maka dapat disimpulkan bahwa perlunya dibuat sebuah sistem pengendalian nutrisi dan juga pH lebih akurat dan dapat bekerja secara mandiri. Pemberian nutrisi pada budidaya tanaman sistem hidroponik dilakukan secara bertahap dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing tanaman untuk tumbuh. Selain itu pH air juga akan memengaruhi daya larut unsur hara pada tanaman yang berakibat pada kualitas kesuburan tumbuh dan kembang tanaman tersebut. Pada budidaya hidroponik kisaran derajat keasaman sekitar pH 5,5-6,5 dengan angka optimal 6,0. Di bawah angka 5,5 dan di atas angka 6,5 beberapa unsur mulai mengendap sehingga tidak dapat diserap oleh akar dan akibatnya tanaman mengalami defisiensi unsur terkait. Pada pH optimal, semua unsur berada dalam kondisi kelarutan yang baik sehingga mudah diserap oleh akar.

*Time series* merupakan serangkaian pengamatan pada suatu variabel yang diperoleh secara berurutan serta disusun berdasarkan waktu ke waktu dengan interval yang tetap dalam bentuk tahunan, triwulan, bulanan, harian dan lain sebagainya. Analisis *time series* digunakan untuk peramalan dan prediksi. Teknologi seperti *artificial intelligence* dapat digunakan untuk melakukan prediksi dengan mengacu pada data *time series*. Untuk memprediksi kapan tanaman harus membutuhkan nutrisi, salah satu kandidat algoritma yang dapat digunakan adalah metode *deep learning*. Metode ini telah berhasil menjadi terobosan pada bidang-bidang seperti pengenalan suara, pengenalan objek visual, deteksi objek dan lain-

Salah satu arsitektur dari *deep learning* adalah *convolutional neural network* (CNN) merupakan jaringan *feedforward* dimana arus informasi mengalir satu arah saja, dari input ke output. Sama seperti *artificial neural network*



(ANN) yang terinspirasi dari proses biologis, demikian juga CNN. CNN adalah algoritma yang merupakan pengembangan dari ANN yang mempunyai nilai akurasi cukup baik dalam melakukan peramalan data *time series*.

Dengan menggunakan *convolutional neural network* (CNN) peneliti melihat adanya potensi memaksimalkan hasil produksi tanaman dan mengefisienkan waktu bagi pelaku hidroponik. Dengan menggunakan CNN untuk menjalankan manipulasi sistem kendali dapat menekan penggunaan larutan nutrisi dan pH sehingga didapatkan sistem kendali yang lebih baik. Pelaku hidroponik dengan lahan terbatas dapat menghemat pengeluaran dengan menerapkan sistem kendali nutrisi hidroponik model *nutrient film technique* dengan metode *convolutional neural network*. Karenanya pada penelitian ini, peneliti membahas tentang “**Sistem Pengendalian Nutrisi Pada Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) Dengan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dibahas, maka ditarik suatu rumusan masalah pada penelitian ini, permasalahan dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman yakni

1. Bagaimana menjaga variabel nutrisi dan pH *up*, pH *down* yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman agar tetap sesuai kebutuhan pertumbuhan tanaman yang ditanam dengan cara hidroponik model NFT?
2. Bagaimana pemodelan yang dibuat menggunakan CNN dapat berjalan pada mikrokontroler ESP32.
3. Bagaimana sistem pengendalian dengan metode CNN dapat bekerja lebih efektif dibandingkan penelitian sebelumnya?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Membuat sistem pengendalian nutrisi yang dapat menjaga variable nutrisi dan pH, pH *down*.

perlihatkan bagaimana pemodelan yang dibuat menggunakan *convolutional neural network* (CNN) dapat berjalan pada mikrokontroler ESP32.



## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang hendak dicapai adalah menghasilkan sistem kendali nutrisi hidroponik model NFT dengan metode CNN. Bagi peneliti, pengaplikasian dari sejumlah konsep dan pengetahuan berguna untuk menambah pengetahuan dan kemampuan mengenai CNN. Dan manfaat bagi institusi pendidikan Magister Departemen Teknik Elektro konsentrasi Informatika dapat digunakan sebagai referensi ilmiah dalam penelitian berikutnya terkait dengan proses pembuatan alat sebagai sistem kendali nutrisi hidroponik.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, perancangan yang akan dibuat dibatasi pada hal-hal seperti objek yang dijadikan sebagai *sample* dalam penelitian ini menggunakan tanaman pakcoy. Selain itu ESP32 digunakan sebagai *main controller* dan pemantauan data secara *real time* dengan menggunakan *firestore*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Nutrient Film Technique* (NFT)

*Nutrient Film Technique* (NFT) merupakan salah satu tipe hidroponik yang spesial karena pada metode budidaya tanaman dimana akar tanaman tumbuh pada lapisan yang dangkal dan tersirkulasi sehingga tanaman bisa memperoleh air, nutrisi dan oksigen yang cukup. Tujuan dari penanaman hidroponik NFT untuk menghemat pemakaian lahan, pemakaian air yang lebih efisien untuk sirkulasinya, tumbuhan yang ditanami dengan media hidroponik bisa berkembang dan dapat tumbuh dengan waktu singkat (Singgih *et.al.*, 2019).

Sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) merupakan metode penanaman komersil terpopuler di negara beriklim tropis. NFT menumbuhkan tanaman dengan memompa nutrisi ke dalam saluran secara langsung dari *reservoir*/tangki seperti sistem resirkulasi, bagaimanapun tanaman hanya memerlukan air dan nutrisi untuk tumbuh.

Kelebihan dari sistem NFT adalah tanaman mendapatkan suplai air, oksigen dan nutrisi secara terus menerus dengan penggunaan air serta nutrisi yang hemat. Adapun kekurangan NFT yaitu sistem ini bergantung pada listrik. Jika aliran listrik tidak tersedia maka alat ini tidak dapat bekerja dengan baik. Kekurangan NFT yang lain adalah jika salah satu tanaman terserang penyakit maka tanaman di wadah yang sama akan tertular penyakit yang sama.

Sistem hidroponik NFT secara otomatis memudahkan manusia dalam menumbuhkan tanaman secara hidroponik tanpa harus mengontrol ketersediaan air dan ketersediaan oksigen disetiap waktu (Singgih *et.al.*, 2019). Ada banyak cara untuk menanam menggunakan media tanam hidroponik yang biasa kita lihat di

toko dengan penggunaan media NFT.



## 2.2 Pakcoy

Penelitian ini menggunakan objek tanaman pakcoy. Tanaman pakcoy merupakan salah satu tanaman sayuran yang banyak digemari para pecinta hidroponik. Selain karena banyak masakan yang bisa dibuat dari pakcoy, harganya juga murah dan mudah untuk ditanam sendiri. Pakcoy masih tergolong tanaman sawi-sawian dan perlakuan saat menanamnya juga hampir sama. Pakcoy disinyalir sebagai tanaman yang dapat menyerap bahan organik (Rahmadhani *et.al.*, 2020)

Ukuran pH pada budidaya pakcoy hidroponik akan memengaruhi hasil panen pakcoy hidroponik, maka degan demikian pH juga perlu diperhatikan. Usahakan ukuran pH pakcoy adalah 7 sebagaimana kebutuhan pH pakcoy pada umumnya. Apabila nilai pH ketinggian atau kerendahan, dapat menggunakan pH up/down sebagai solusi. Gunakan pH meter untuk mengukur pH pada air hidroponik dan TDS meter untuk mengukur kadar nutrisi hidroponik.

Masa tanam pakcoy agar bisa dipanen adalah 35 – 45 hari, namun ada juga teman berkebun yang sudah memanen pakcoy pada waktu masih berumur 20 – 25 hari. Keadaan ini sering disebut dengan *Baby Pakcoy*. Pemanenan pakcoy sebaiknya dilakukan pada siang atau sore hari (pakcoy dalam keadaan segar) dan sebelum pakcoy disimpan, menyemprot daun-daun pakcoy akan memberikan kesegaran pada tanaman lebih lama. Pakcoy merupakan tanaman sayuran yang kaya akan nutrisi dan mineral. Mengonsumsi pakcoy akan memberikan manfaat kesehatan bagi tubuh, diantaranya menghilangkan kerutan, menjaga kesehatan tulang, menurunkan tekanan darah, menjaga kesehatan jantung, menjaga kekuatan gigi, meningkatkan kekebalan tubuh, memberi perlindungan dari kanker, menstabilkan kadar gula darah, mencegah kerusakan sel, dan mengurangi peradangan. kronis.

## 2.3 Convolutional Neural Network (CNN)

*Convolutional Neural Network* merupakan kombinasi dari jaringan syaraf tiruan dan metode *deeplearning* (Fonda, 2020). CNN bekerja dengan cara meniru sel saraf kita berkomunikasi dengan neuron yang saling berhubungan. Jaringan konvolusional yang menerapkan filter pada setiap bagian dari input gambar untuk mengekstraksi pola dan *features maps* sehingga membuatnya



unik dibandingkan jaringan saraf lainnya. CNN tidak jauh beda dengan neural network biasanya secara garis besar. CNN terdiri dari neuron yang memiliki *weight*, bias dan *activation function*. *Convolutional layer* juga terdiri dari neuron yang tersusun sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah filter dengan panjang dan tinggi (pixels).

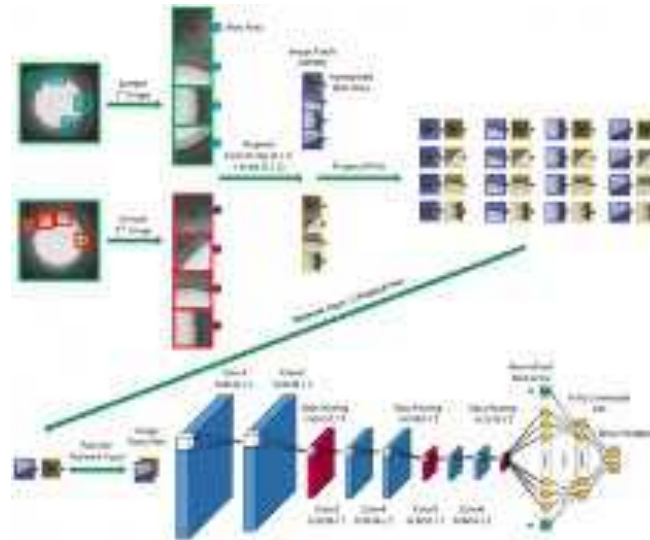
*Convolutional Neural Network* ini adalah jenis jaringan saraf yang mendominasi berbagai tugas visi komputer dan telah menarik perhatian di berbagai bidang. CNN bertujuan untuk secara otomatis dan adaptif mempelajari struktur hierarki spasial elemen dengan menggunakan propagasi mundur dari beberapa blok penyusun (seperti lapisan konvolusional, lapisan komposit, dan lapisan yang sepenuhnya terhubung). CNN adalah konstruksi matematis, biasanya terdiri dari tiga jenis lapisan (atau blok penyusun): lapisan konvolusional, lapisan sambungan, dan lapisan yang sepenuhnya terhubung. Dua yang pertama adalah lapisan konvolusi dan penggabungan yang melakukan ekstraksi fitur, sedangkan yang ketiga adalah lapisan yang sepenuhnya terhubung memetakan fitur yang diekstraksi ke keluaran akhir, seperti klasifikasi. Lapisan konvolusi memainkan peran kunci dalam CNN. Lapisan ini terdiri dari sekumpulan operasi matematika, seperti konvolusi, yang merupakan operasi linier khusus. Dalam gambar digital, nilai piksel disimpan dalam kisi dua dimensi (2D), yang merupakan deretan angka, dan kisi parameter kecil yang disebut kernel diterapkan ke setiap fitur lokasi dapat membuat CNN sangat efektif untuk pemrosesan gambar. *Convolutional Neural Network* biasa digunakan untuk klasifikasi dan deteksi.

### 2.3.1 Konvolusi dalam *Neural Network*

Dalam *Convolutional Neural Network*, konvolusi adalah operasi linier yang melibatkan penggandaan sekumpulan bobot dengan masukan, seperti jaringan saraf tradisional. Dengan asumsi bahwa teknik ini dirancang untuk masukan dua dimensi, perkalian dilakukan antara larik data masukan dan larik bobot dua dimensi (disebut *filter* atau *kernel*). Filter lebih kecil dari data masukan, dan jenis perkalian yang dilakukan antara filter dan patch warna masukan dari ukuran filter adalah perkalian titik adalah perkalian input dan patch berukuran filter dan elemen di



antara filter, lalu jumlahnya selalu berupa nilai. Berikut pada Gambar 1 dapat dilihat tampilan konvolusi dalam *neural network*.



**Gambar 1.** Konvolusi dalam *Neural Network*  
(Sumber : <https://www.researchgate.net>)

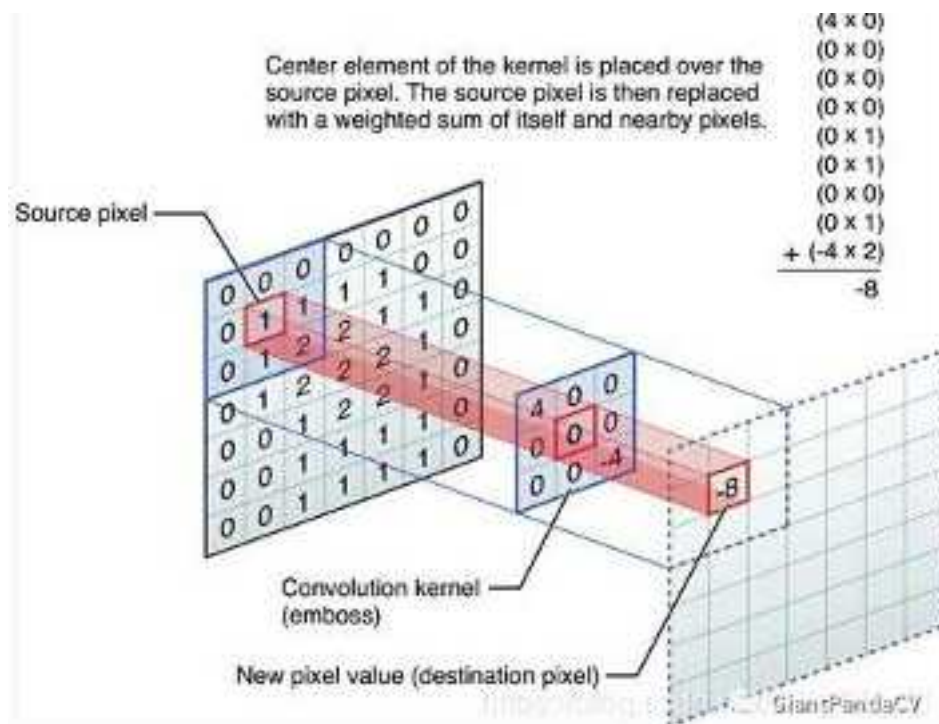
### 2.3.2 Lapisan Konvolusi

Karena gambar bisa sangat besar, tidak valid untuk menggunakan setiap piksel sebagai input. Faktanya, tidak hanya perlu memasukkan setiap piksel, tetapi juga setiap nilai RGB dari setiap piksel. Oleh karena itu, sebelum menerapkan jaringan saraf tradisional ke suatu gambar, perlu melakukan pemrosesan awal dan melalui serangkaian lapisan yang muncul di awal jaringan saraf untuk mengurangi menjadi masukan yang lebih kecil. Lapisan terpenting dalam lapisan ini adalah lapisan konvolusional. Seperti namanya, lapisan konvolusional ini terdiri dari blok bangunan dasar yang disebut konvolusi. Terapkan konvolusi ke sebagian kecil gambar, buat sampel nilai piksel di area itu, lalu ubah menjadi satu piksel. Terapkan ke setiap area piksel pada gambar untuk menghasilkan gambar baru. Idanya adalah bahwa piksel dalam gambar baru menyertakan informasi tentang piksel sekitarnya untuk mencerminkan seberapa baik fitur tersebut diekspresikan di area tersebut. Konvolusi memiliki dua sifat penting yaitu size dan step size.

Konvolusi berikut diterapkan pada gambar  $3 \times 3$  dan langkah 1, yang memiliki  $3 \times 3$  karena berjalan pada kisi  $3 \times 3$  piksel. Ukuran langkahnya adalah 1 piksel antar daerah yang diterapkan konvolusi adalah 1. Dengan kata lain,



pra-konvolusinya adalah 1 per suku. Ukuran dan ukuran langkah konvolusi menentukan ukuran gambar keluaran. Misalnya, lakukan konvolusi  $3 \times 3$  dengan langkah 1 untuk mengubah gambar  $5 \times 5$  menjadi gambar  $3 \times 3$ . Pertanyaan yang muncul adalah bagaimana konvolusi mengubah grid piksel menjadi satu piksel. pada dasarnya melewati grid piksel melalui perceptron, dengan kata lain, mendapatkan jumlah piksel input yang dibobot. Bagian kanan bawah piksel menunjukkan bobot yang diterapkan ke piksel. Pada konvolusi berikut, tidak ada bias (atau offset), tetapi seperti halnya perceptron, konvolusi biasanya juga memiliki bias. Lapisan konvolusi dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Lapisan Konvolusi

(Sumber : <https://www.semanticscholar.org>)

Output dari konvolusi yang diterapkan ke input tunggal akan tetap sebagai piksel tunggal, dan output dari konvolusi yang diterapkan ke seluruh gambar 2 dimensi akan menjadi gambar 2 dimensi. Kita mungkin berpikir bahwa ini berarti gambar kehilangan kedalaman, padahal sebenarnya tidak. Faktanya, ketika gambar

lapisan konvolusional, kedalaman biasanya meningkat. setiap lapisan ini tidak menerapkan konvolusi ke gambar. namun akan menghasilkan keluaran 2D untuk setiap konvolusi, yang ditumpuk bersama untuk



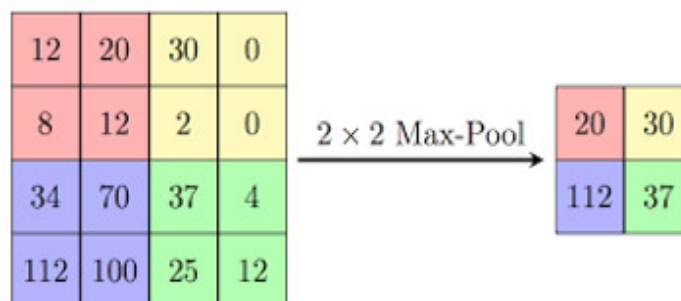


menghasilkan gambar 3D baru. Oleh karena itu, kedalaman keluaran dari lapisan konvolusional adalah jumlah konvolusi yang diterapkan.

### 2.3.3 Lapisan penggabungan

*Convolutional Network* dapat menyertakan lapisan koneksi lokal atau global untuk menyederhanakan penghitungan dasar. Lapisan komposit mengurangi dimensi data dengan menggabungkan keluaran dari gabungan neuron dalam satu lapisan menjadi satu neuron di lapisan berikutnya. Selain itu, ada jenis lapisan lain yang disebut max pooling atau down sampling layer. Lapisan konvolusional tidak mengurangi ukuran gambar secara signifikan. Sebaliknya, mereka memastikan bahwa setiap piksel mencerminkan tetangganya. dapat mengurangi skala melalui konsolidasi tanpa kehilangan informasi penting.

Metode umum untuk melakukan ini melibatkan penggabungan maksimal, dengan kata lain, menggunakan nilai maksimum sekelompok neuron di lapisan sebelumnya. Padahal, pooling layer maksimum memiliki ukuran dan lebar. Berbeda dengan lapisan konvolusional, lapisan ini diterapkan pada irisan kedalaman gambar dua dimensi, sehingga gambar yang dihasilkan memiliki kedalaman yang sama tetapi lebar dan tinggi lebih kecil. Ukuran lapisan komposit terbesar yang ditunjukkan di bawah ini adalah  $2 \times 2$ , sehingga menempati area masukan dua dimensi  $2 \times 2$  dan mengeluarkan masukan maksimum yang diterimanya. Ini juga memiliki 2 langkah, setiap kali Anda harus maju 2 langkah. Berikut ini gambar 3 merupakan gambar lapisan penggabungan.

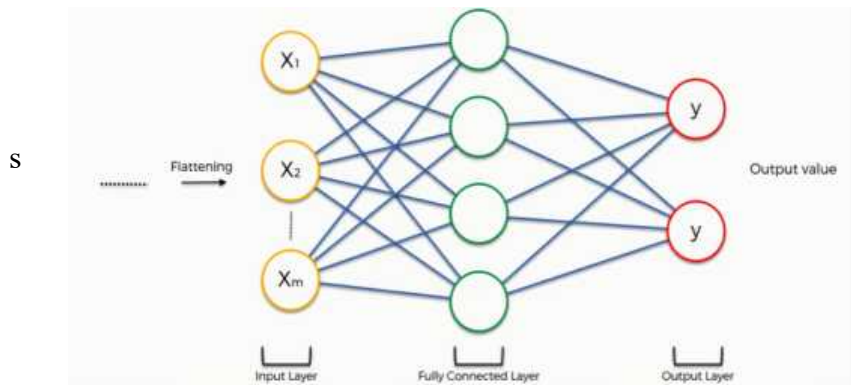


**Gambar 3.** Lapisan penggabungan  
(Sumber : computersciencewiki.org)



### 2.3.4 Fully Connected Layer

Jaringan neural yang terhubung sepenuhnya terdiri dari serangkaian lapisan yang terhubung sepenuhnya. Setiap ukuran keluaran bergantung pada masing-masing ukuran masukan. *Fully connected layer* adalah lapisan dimana semua neuron aktif pada lapisan sebelumnya terhubung dengan neuron pada lapisan berikutnya, mirip dengan jaringan syaraf tiruan. Setiap aktivitas pada level sebelumnya harus diubah menjadi data satu arah sebelum terhubung ke semua neuron pada level yang terhubung penuh. *convolution layer* dengan ukuran kernel  $1 \times 1$  melakukan fungsi yang sama dengan sebuah *fully connected layer* namun dengan tetap mempertahankan karakter spasial dari data. Hal tersebut membuat penggunaan fully connected layer pada *convolution neural network* sekarang tidak banyak dipakai (Kholik, 2021). Berikut gambar 4 menampilkan *fully connected layer*.



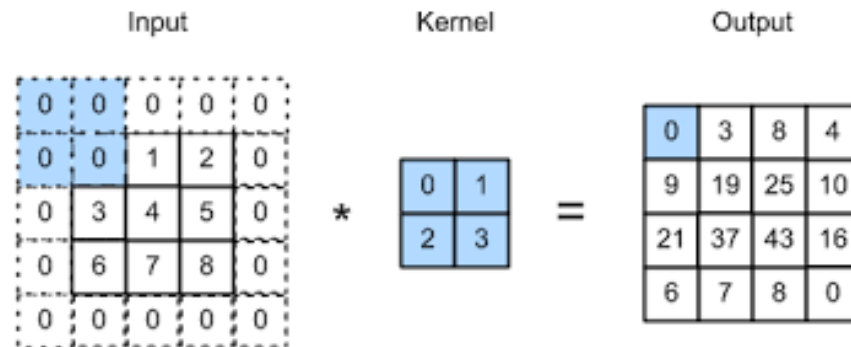
**Gambar 4.** *Fully connected layer*  
(Sumber : computersciencewiki.org)

### 2.3.5 Padding

*Padding* adalah istilah yang terkait dengan *Convolutional Neural Network* karena mengacu pada jumlah piksel yang ditambahkan ke gambar saat kernel CNN memprosesnya. Misalnya, jika padding di CNN disetel ke nol, maka nilai setiap piksel yang ditambahkan adalah nol. Namun, jika padding nol disetel ke 1, piksel yang ditambahkan ke gambar dengan nilai piksel nol akan dibatasi. Padding bekerja untuk memperluas area tempat *Deep Neural Network* memproses gambar. Kernel dari jaringan saraf yang dapat dipindahkan pada gambar, memindai setiap



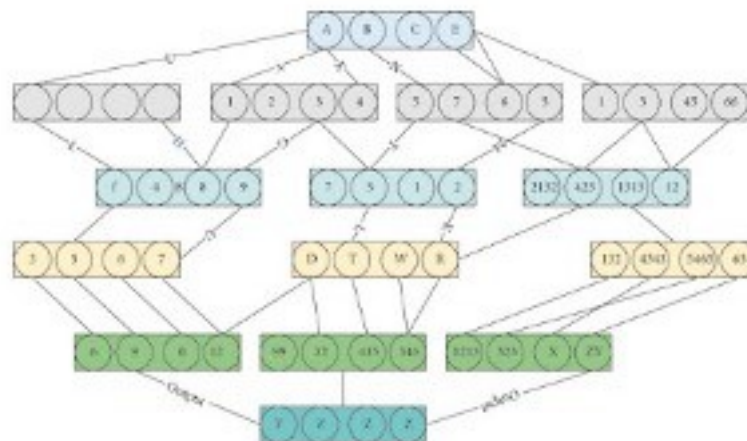
piksel dan mengubah data menjadi format yang lebih kecil atau terkadang lebih besar. Untuk membantu kernel memproses citra, sebuah bantalan ditambahkan ke bingkai citra untuk memberikan lebih banyak ruang bagi kernel untuk menutupi citra. Menambahkan padding pada citra yang diproses oleh CNN dapat melakukan analisis citra dengan lebih akurat. Pada gambar 5 dapat dilihat gambar dari padding.



**Gambar 5. Padding**  
(Sumber : [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net))

### 2.3.6 Deep stacking

Berbagai jenis lapisan yang dijelaskan digabungkan melalui proses penumpukan berulang yang disebut penumpukan dalam/Deep Stacking. Lapisan konvolusional dan fungsi aktivasi serta lapisan sampling tersebar pada dasarnya menggantikan lebar dan tinggi kedalaman hingga citra relatif kecil. Pada gambar 6 terlihat arsitektur dari deep stacking.



**Gambar 6. Deep Stacking**  
(Sumber : [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net))



### 2.3.7 Firestore

Baru-baru ini *Google* merilis sebuah database berbasis dokumen sebagai bagian dari keluarga *firebase* bernama *firestore*. *Cloud Firestore* dapat digunakan untuk menyimpan, membuat kueri data dan menyinkronkan aplikasi (Annisa *et.al.*, 2022). *Cloud firestore* adalah data base yang fleksibel untuk pengembangan seluler, *web*, dan server di *firebase* dan *Google Cloud Platform*. *Cloud firestore* membuat data tetap terhubung diaplikasi klien melalui *listener realtime* dan menawarkan dukungan secara *offline* untuk seluler dan *web*. Dengan begitu, aplikasi dapat berkerja secara responsif tanpa harus bergantung pada latensi jaringan atau koneksi Internet. *Cloud firestore* adalah cloud database NoSql berbasis dokumen yang memungkinkan anda menyimpan data secara selaras antara klien dan server.

### 2.4 Sensor Total Dissolved Solid (TDS)

*Total Dissolved Solid* (TDS) merupakan sebuah pengukur kualitas air yang umum digunakan, seringkali ditentukan dengan penggunaan faktor konversi dari sebuah pengukur EC (De Beer *et.al.*, 2019) Metode ini jumlah total padatan yang terkandung dalam air atau cairan. Setiap cairan mengandung partikel yang terlarut yang tidak kelihatan secara langsung, partikel tersebut umumnya berupa padatan seperti kandungan logam (Besi, Aluminium, Tembaga dan lain-lain) lalu partikel bukan padatan seperti mikro organisme. Berikut ini sensor TDS dapat terlihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Sensor TDS



Sensor TDS adalah sensor yang bekerja dengan cara mendeteksi konduktivitas suatu larutan, semakin konduktif suatu larutan maka nilainya akan berubah, jadi bila cairan mengandung banyak mineral maka konduktivitasnya semakin tinggi dan outputnya akan semakin besar, begitu juga sebaliknya bila cairan mengandung sedikit mineral maka outputnya semakin kecil. Sensor TDS merepresentasikan total konsentrasi spesies ion pada sebuah *sample*, TDS dan konduktivitasnya saling berkaitan yang dapat diartikan bahwa semakin tinggi kualitas air berarti semakin rendah konsentrasi ion yang menghasilkan tipikal konduksi rapuh. Dalam arti, jika *analyzer* ditangani dengan baik dan tidak ada elektronik, mekanikal, reagen, atau permasalahan operasi, pengukuran juga berpotensi memunculkan *error* jika air terkontaminasi dengan ion atau air keruh. Solusi tercepat dan termudah untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan menggunakan sistem penganalisa air dengan sebuah TDS pengukur kekeruhan yang akan secara langsung mengukur jumlah ion dan transparansi air dalam proses pengujiannya (Niculescu *et.al.*, 2020).

## 2.5 Sensor pH

Sensor pH adalah sensor yang digunakan untuk mengetahui derajat keasaman. pH meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan larutan. Prinsip utama kerja pH meter adalah terletak pada sensor probe berupa elektroda kaca (*glass electrode*) dengan jalan mengukur jumlah ion  $H_3O^+$  di dalam larutan. Dalam penggunaannya, sensor pH perlu dikalibrasi berkala agar keakuratannya dapat terjaga. Beberapa produsen sensor pH pada umumnya menyertakan instrumen untuk melakukan kalibrasi secara manual. Jika sensor pH dihubungkan dengan Arduino Uno, kalibrasi dapat dilakukan melalui program antarmuka kalibrasi sensor pH (pengembangan dari library sensor pH yang sudah tersedia). Hasil kalibrasi tersebut kemudian disimpan dalam EEPROM agar dapat digunakan untuk pengukuran normal. Berikut ini sensor pH yang digunakan pada

ini dapat dilihat pada Gambar 8.





**Gambar 8.** Sensor pH

## 2.6 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* dan merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dan Bluetooth dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* (Muliadi *et.al.*, 2020) ESP32 memiliki fitur yang cukup lengkap karena mendukung input/output Analog dan Digital, PWM, SPI, I2C dan lain-lain. ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* dan merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266.

ESP32 adalah Mikrokontroler *System on Chip* (SoC) berbiaya rendah dari *Espressif Systems*, yang juga sebagai pengembang dari SoC ESP8266 yang terkenal dengan NodeMCU. ESP32 adalah penerus SoC ESP8266 dengan menggunakan Mikroprosesor Xtensa LX6 32-bit Tensilica dengan Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi. Hal yang baik tentang ESP32, seperti ESP8266 adalah komponen RF terintegrasi seperti *Power Amplifier*, *Low-Noise Receive Amplifier*, *Antena Switch*, dan Filter. Hal ini membuat perancangan hardware pada ESP32 menjadi sangat mudah karena hanya memerlukan sedikit komponen eksternal. Berikut adalah mikrokontroler ESP32 dapat dilihat pada Gambar 9.





**Gambar 9.** ESP32

### **2.7 Modul Relay 4 Channel**

*Module relay* merupakan suatu piranti yang menggunakan elektromagnetik untuk mengoperasikan seperangkat kontak saklar. Susunan sederhana module *relay* terdiri dari kumparan kawat penghantar yang dililitkan pada inti besi. Bila kumparan diberi energi, medan magnet yang terbentuk menarik amatur berporos yang digunakan sebagai pengungkit mekanisme saklar (Muslihudin *et.al.*, 2018). *Relay* 4 chanel terlihat pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Relay 4 chanel



Modul *relay* ini juga dapat digunakan sebagai *switch* untuk menjalankan berbagai peralatan elektronik. Misalnya lampu listrik, motor listrik, dan berbagai peralatan elektronik lainnya. Kendali ON atau OFF *switch (relay)*, sepenuhnya ditentukan oleh nilai output sensor, yang setelah diproses Mikrokontroler akan menghasilkan perintah kepada *relay* untuk melakukan fungsi ON atau OFF (Mohammad *et.al.*, 2019)

## 2.8 Liquid Crystal Display (LCD)

Saat ini terdapat beberapa jenis LCD seperti *twisted-nematic (TN)*, *patterned vertical alignment (PVA)*, dan *fringe-field switching (FFS)* telah dikembangkan dan diimplementasikan terutama karena konsumsi daya rendah namun performa tinggi (Kim *et.al.*, 2016).

Kegunaan LCD banyak sekali dalam perancangan suatu sistem dengan menggunakan mikrokontroler. LCD dapat berfungsi untuk menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. Pada praktek proyek ini, LCD yang digunakan adalah LCD 16x2 yang artinya lebar display 2 baris 16 kolom dengan 16 Pin konektor (Ritha *et.al.*, 2017). LCD banyak digunakan dalam perangkat komersial dengan tujuan terkait penelitian termasuk aplikasi 3DTV. Hanya amplitude, modulator, fase, cahaya spasial yang dapat dihitung melalui perangkat tersebut (Kulce *et.al.*, 2016). Berikut model LCD terlihat pada gambar 11.



**Gambar 11.** *Liquid Crystal Display*





LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya termasuk ROM dan sebagainya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan (Sinaulan, 2015).

## 2.9 Power Supply

*Power supply* (catu daya) adalah komponen yang memasok daya ke satu atau bahkan lebih beban listrik. Jadi, *power supply* ini dirancang untuk mengubah beberapa bentuk energi yang berbeda, seperti matahari, energi mekanik, kimia, hingga listrik. Pada perangkat komputer dan elektronik lainnya. *Power supply* mempunyai *mother board* atau papan induk sebagai tempat pemasangan komponen-komponen yang akan dihubungkan. Berikut model power supply dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Power Supply

## 2.10 Pompa mini DC 12 Volt

Pompa ini biasa digunakan untuk pompa air di akuarium ikan. Selain untuk kebutuhan akuarium dapat juga digunakan untuk menyedot air dan keperluan lainnya. Berikut pada gambar 13 pompa yang digunakan pada penelitian





**Gambar 13.** Pompa mini 12 DC

### 2.11 Box panel

Untuk rangkaian alat sistem kendali disimpan menggunakan box panel agar alat aman dari segala sentuhan fisik dan menjaga agar alat yang telah dirangkai tetap pada tempatnya. Box panel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat dari Gambar 14 berikut ini.



**Gambar 14.** Box Panel

### 2.12 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terkait yang menggunakan metode *Convolutional Neural* (CNN) pada bidang pertanian :



1. Dalam jurnal “Analisis dan Implementasi Diagnosis Penyakit Sawit dengan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)” Selain akurasi terendah, tertinggi dan rata-rata juga dihitung nilai presisi, recall, f1-score dan nilai error akurasi. Dari pengujian sebanyak 2490 citra kelapa sawit berlabel penyakit 11 kategori. Diperoleh hasil akurasi tertinggi sebesar 0.89 dan terendah 0.83 serta rata-rata dengan akurasi 0.87. Penelitian ini menerapkan metode CNN untuk mengklasifikasi gambar penyakit kelapa sawit. Hasil evaluasi menunjukkan kinerja prediksi yang baik dengan rata-rata akurasi 87%, sehingga dapat dijadikan dasar pengembangan sistem diagnosa digital yang membantu petani. (E. Raswir *et.al.*, 2020)
2. Pada penelitian yang dilakukan oleh Denata dkk (2020) menggunakan metode yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur AlexNet. Jenis jeruk yang akan diamati ialah madu, madu susu, dan siam. Data yang digunakan berjumlah 2250 gambar jeruk dimana masing-masing kelas berjumlah 750 gambar dengan ukuran 227x227 piksel. Data latih berjumlah 1575 gambar dan data uji berjumlah 675 gambar. Pelatihan dilakukan dengan menggunakan 10 epoch dan setiap epoch akan menghasilkan model. Pengujian sistem dilakukan berdasarkan model yang dihasilkan pada proses pelatihan. Setiap model akan diamati hasil berupa akurasi yang dihitung dengan menggunakan *confusion matrix*. Model paling optimal dihasilkan dari pelatihan pada *epoch* ke-9 dimana menghasilkan akurasi pengujian sebesar 94,81%. (Denata *et.al.*, 2020)
3. Penelitian terkait lain adalah jurnal “*Convolutional Neural Network and Support Vector Machine in Classification of Flower Images*” Penelitian ini menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dan Support Vector Machine (SVM) untuk klasifikasi gambar bunga. CNN adalah salah satu metode klasifikasi *deep neural network*, sedangkan SVM adalah metode klasifikasi machine learning. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode yang lebih baik dalam klasifikasi gambar bunga antara CNN dan M. Berdasarkan hasil observasi, CNN memberikan performa yang lebih baik dibandingkan SVM dalam klasifikasi gambar bunga. CNN mencapai



akurasi sebesar 91,6%, presisi sebesar 91,6%, recall sebesar 91,6%, dan F1 Score sebesar 91,6%. Metode penelitian ini melibatkan beberapa tahap, antara lain pemrosesan awal data gambar (pre-processing), pembagian data latih dan uji, pembuatan model klasifikasi menggunakan metode CNN dan SVM, evaluasi model klasifikasi, perbandingan performa antara model klasifikasi, dan penarikan kesimpulan. (A. Peryanto *et.al.*, 2021)

4. A Nursyahid dkk (2021) dalam jurnalnya yang berjudul *Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic nutrition controlling system using linear regression method* membahas tentang hidroponik sistem NFT dapat dijadikan sebagai alternatif dalam meningkatkan kebutuhan terhadap bahan makanan. Kebutuhan akan nutrisi tanaman merupakan sebuah parameter yang wajib dipertimbangkan. Sistem yang menggunakan *linear regression method* ini mengontrol jumlah nutrisi. Hasil uji akurasi dari penelitian ini menghasilkan nilai sebesar 87.84% (A Nursyahid *et.al.*, 2021)
5. Metode CNN juga pernah diterapkan oleh Ilahiyah dan Nilogiri dengan judul “Implementasi *Deep Learning* Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan *Convolutional Neural Network*.” Penelitian tersebut menerapkan metode CNN dengan arsitektur Alexnet. Berdasarkan pengujian sistem yang menggunakan metode *Cross Validation* didapatkan nilai akurasi sistem sebesar 90,8% (S. Ilahiyah, A. Nilogiri, 2018)

### 2.13 State Of The Art

*State of The Art* merupakan sebuah ringkasan tabel yang memuat penelitian-penelitian sebelumnya dan memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan seperti judul, penulis, penerbit, tahun, metode dan hasil yang dicapai. Berikut beberapa penelitian tentang sistem pengendalian nutrisi pada hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) dengan berbagai macam metode.



Tabel 1. State Of The Art

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Metode	Hasil
1	Determination of a computational parameter of quantitative production of crops in hydroponic greenhouses through digital image processing	. D. Palacios, D. Gregor, M. Arzamendia, K. Cikel, dan M. Santacruz	IEEE	2019	<i>Digital Image Processing dan Neural Networks</i>	Hasil pengujian menghasilkan konklusi bahwa sangat mungkin untuk mengidentifikasi melalui level pixel secara objektif melalui sistem hidroponik tomat tersebut dengan margin error sebesar 1,07% dan berdasarkan indikator kuantitas produksi tersebut pun dapat diperoleh secara digital
2	Rancang Bangun Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) Sebagai Media Terobosan Penanaman Tanaman Menggunakan Wemos Mega + WiFi R3 Atmega2560	D. Diki, I. L. Fajari, A. Salsabila and T. Tohir	<i>Prosiding 11th Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS)</i>	2020	Implementasi Wemos Mega + WiFi R3 Atmega2560	Hasil penelitian ini tingkat kelayakan alat ini dilihat dari batas error yang dimiliki pada setiap sensor. Untuk sensor ppm memiliki rata-rata error sebesar 3.181818182. Untuk sensor suhu memiliki nilai rata-rata error sebesar 23.571428. Untuk sensor pH memiliki rata-rata error sebesar 0.102666667
3	Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Nutrisi, Suhu, Dan Tinggi Air Pada Pertanian Hidroponik Berbasis Website	Yuga Hadfridar Putra, Dedi Triyanto, Suhardi	<i>Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan</i>	2018	<i>Nutrient Film Technique</i>	Hasil dari penelitian ini sistem secara keseluruhan dapat melakukan proses pemantauan dan pengendalian suhu, nutrisi dan tinggi air pada pertanian hidroponik secara otomatis, saat tinggi air kurang dari batas minimal (5cm) maka pompa pengisian akan aktif, ketika tinggi air lebih dari batas maksimal (10cm) maka pompa pembuangan akan aktif, saat suhu air kurang dari batas minimal (23°C) maka heater akan aktif, apabila suhu air lebih dari batas maksimal (27°C) maka kipas akan aktif, dan saat nutrisi kurang dari batas minimal (600ppm) maka pompa pupuk akan aktif hingga batas maksimal (800ppm)
	<i>Nutrient Film Technique for Automatic Hydroponic System Based on Arduino</i>	Iswanto, Prisma Megantoro, Alfian Ma'arif	<i>International Conference on Industrial Electrical</i>	2020	<i>Nutrient Film Technique</i>	Hasil dari penelitian ini menghasilkan alat yang dapat meregulasi penyaluran nutrisi untuk sebuah sistem hidroponik yang



No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Metode	Hasil
			<i>and Electronics (ICIEE)</i>			menggunakan metode NFT secara otomatis
5	<i>Automatic control and management system for tropical hydroponic cultivation</i>	Jirabhorn Chaiwongsa i	<i>Proceedings - IEEE International Symposium on Circuits and Systems</i>	2019	<i>Multisensor data fusion</i>	Hasil penelitian ini mengevaluasi hasil yang ditampilkan oleh sistem dalam mengambil keputusan berdasarkan pengelompokan multisensor
6	<i>Water flow control system based on context aware algorithm and IoT for hydroponic</i>	Gandhi, Otrinanda Ramdhani, Mohamad Murti, Muhammad Ary Setianingsih, Casi	<i>Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System, IoTals 2019</i>	2019	<i>context aware algorithm</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem dapat menumbuhkan tanaman, seperti panjang tanaman, lebar daun dapat lebih menyesuaikan dengan pipa tanaman
7	Identifikasi Penyakit pada Citra Daun Kentang Menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	Alang Mulya Lesmana, Ronna Putri Fadhillah Chaerur Rozikin	Jurnal sains dan informatika unsika	2022	<i>Convolutional neural network (CNN)</i>	Hasil pengujian menunjukkan Skenario 1 (90:10) akurasi tertinggi 91% untuk training dan 99% untuk validasi Skenario 2 (80:20) akurasi tertinggi 93% untuk training dan 95% untuk validasi Skenario 3 (70:30) akurasi tertinggi 90% untuk training dan 94% untuk validasi Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa metode deep learning CNN dapat mengidentifikasi citra penyakit pada daun kentang dengan baik. Nilai akurasi tertinggi mencapai 93% untuk training dan 99% untuk validasi.

## 2.14 Kerangka Pikir

Permasalahan yang menjadi fokus penelitian adalah dibutuhkannya sistem kendali nutrisi pada hidroponik model NFT yang lebih efektif dibanding sistem kendali yang saat ini telah ada. Hal ini sehubungan dengan tidak efektifnya pemberian nutrisi pada tanaman yang membutuhkan perlakuan khusus dimana pemberian nutrisi tersebut berdasarkan intuisi, adapun sistem kendali cerdas yang

ada sebelumnya menggunakan berbagai metode masih terbilang kurang karena masih membutuhkan kontrol dari aplikasi.

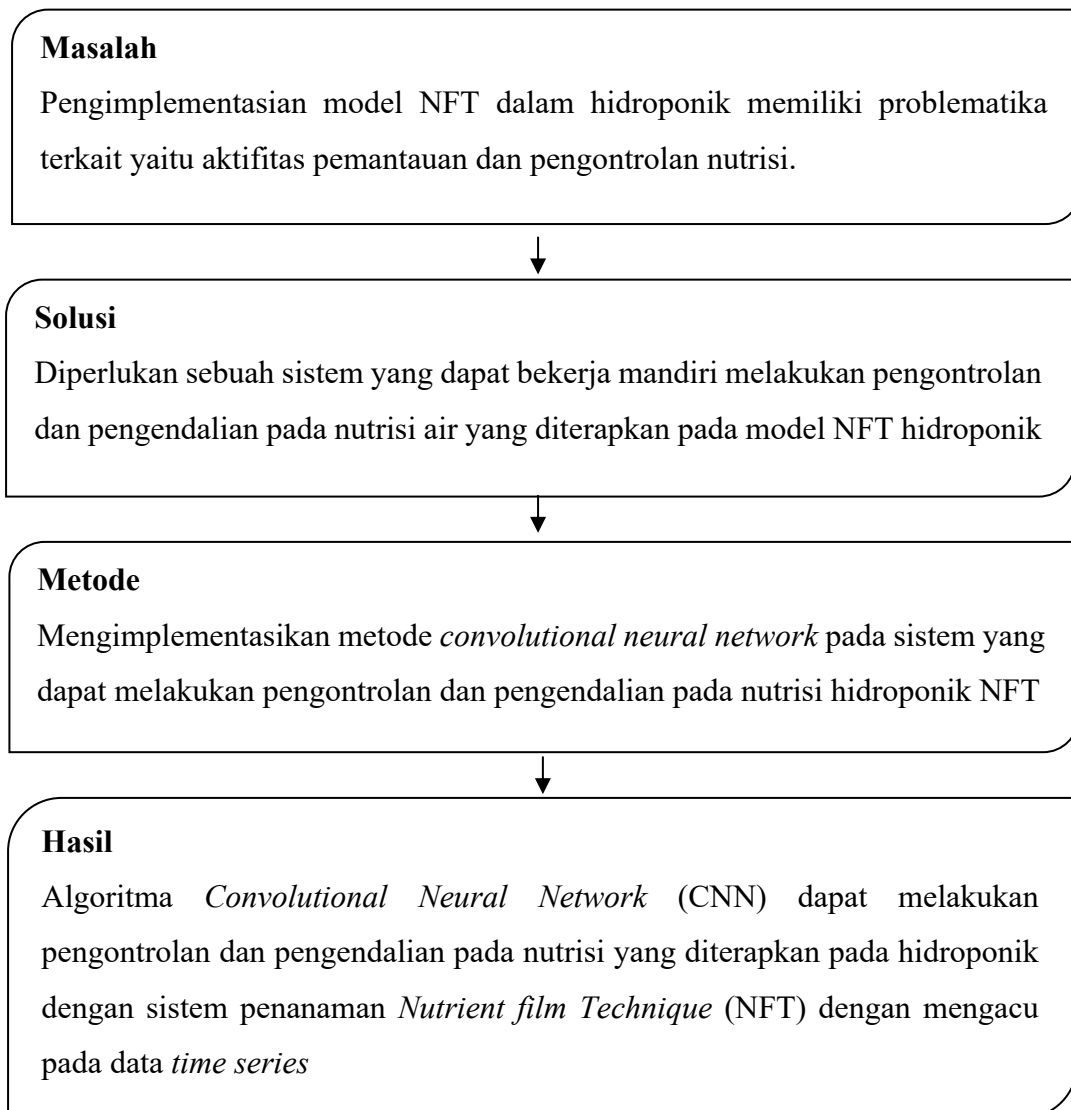


Dari penelitian-penelitian sebelumnya, salah satu solusi yang patut dipertimbangkan adalah dengan menggunakan sistem kendali nutrisi jarak jauh melalui aplikasi, memantau nutrisi lewat aplikasi mobile. Dengan asumsi jika pelaku hidroponik tidak memiliki waktu untuk memantau secara langsung kebutuhan nutrisi tanaman maka dapat menggunakan sistem kendali tersebut. Namun, jika melewatkan waktu beberapa saat untuk mengaktifkan aktuator lewat aplikasi akan berdampak pada proses pertumbuhan tanaman. Ketidaktelatenan dalam pemberian nutrisi menjadi salah satu masalah yang sering dihadapi petani hidroponik. Oleh karena itu peneliti memandang perlu adanya solusi untuk masalah tersebut.

Dengan menggunakan metode CNN pada sistem kendali nutrisi hidroponik model NFT agar pemberian nutrisi dapat berjalan secara mandiri, peneliti memperkirakan hal tersebut dapat mengefektifkan pemberian nutrisi dan memaksimalkan pertumbuhan tanaman. Ditambah metode tersebut mengefesienkan waktu pelaku usaha hidroponik.

Kerangka pikir menjelaskan alur penelitian yang akan dilakukan. Pada tahap pertama menjelaskan permasalahan yang ada dalam hal survei sistem nutrisi hidroponik yang dimana seperti yang kita ketahui survei sistem pemberian nutrisi yang dilakukan masih secara manual dan tentunya memiliki banyak kekurangan dari segi efisiensi dan efektifitas. Oleh karena itu, berdasarkan perkembangan teknologi khususnya dibidang pertanian, kita dapat memanfaatkan beberapa pendekatan untuk mengatasi masalah tersebut menggunakan CNN. Sehingga dilakukan perancangan sistem untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan mengacu dari beberapa penelitian sebelumnya. Adapun kerangka pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 15 berikut ini.





**Gambar 15.** Kerangka Berpikir

