



BUKU PEDOMAN MITRA

SMART - AQUAPONICS
Berbasis IoT

PKM-PM & Edukasi Agropreneur



2026



Informasi Lebih Lanjut:

 [pkmpm2026_smartaquaponic](https://www.instagram.com/pkmpm2026_smartaquaponic)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkah, limpahan rahmat, serta hidayah-Nya yang telah memberikan kesempatan bagi kami untuk menyusun buku pedoman Program Kreativitas Mahasiswa Pengabdian kepada Masyarakat (PKM-PM) dengan judul "Implementasi Smart Aquaponics Berbasis Internet of Things (IoT) Sebagai Sarana Kemandirian Pangan dan Edukasi Agropreneur di Pondok Pesantren Baabussalaam" secara baik dan rapi.

Buku ini disusun sebagai bagian dari kegiatan program yang bertujuan memanfaatkan lahan kosong di sekitar kolam serta limbah anorganik sebagai bahan baku dalam pembuatan sistem Aquaponics Cerdas berbasis Internet of Things (IoT). Dengan adanya program ini, diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan kemampuan mitra dalam mengelola sistem budidaya yang ramah lingkungan.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia (Belmawa Kemendikbudristek) atas dukungan terhadap pelaksanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM-PM).
2. Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, khususnya Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), atas bimbingan dan fasilitasi selama program berlangsung.
3. Ibu Lestariningsih, S.Pt, M.P selaku Dosen Pembimbing dari Tim PKM-PM Smart Aquaponic
4. Pondok Pesantren Baabussalaam' Ds.Kemloko, Kec.Nglegok, Kab.Blitar sebagai mitra, yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan pelatihan dan implementasi.
5. Dan seluruh tim mahasiswa PKM-PM Smart Aquaponic yang telah bekerja keras dalam penelitian, pendampingan, serta dokumentasi kegiatan ini.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran diharapkan guna memperbaiki dan menyempurnakan nuku ini. Penulis berharap bahwa program yang diajukan dapat memberikan manfaat yang nyata bagi masyarakat, khususnya bagi Pondok Pesantren Baabussalaam, serta menjadi bagian dari upaya dalam pengembangan teknologi yang tepat guna, yang mendukung ketahanan pangan serta pelestarian lingkungan hidup.

Blitar, 2 Agustus 2026
Penulis

Tim PKM-PM Smart Aquaponic

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I MENGENAL PKM-PM DAN INOVASI SMART AQUAPONICS	1
1.1. Program Kreativitas Mahasiswa Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM-PM).....	1
1.2. Pengertian Aquaponic	1
1.3. Teknologi smart Aquaponic	1
1.4. Manfaat sistem aquaponic	2
1.5. Keunggulan	2
BAB II MEMBANGUN SMART AQUAPONIC	3
2.1 Persiapan alat dan bahan	3
2.2 Pembuatan dan Perakitan smart aquaponic	8
2.2.1 Membuat Media tanam berbahan botol plastik bekas	8
2.2.2 Membuat penyangga media tanam	10
2.2.3 Membuat perangkat IoT.....	11
2.2.4 Merakit Keseluruhan aquaponic.....	14
BAB III MENGENAL TEKNOLOGI IOT	16
3.1 Pengertian dan Konsep Dasar Internet of Things (IoT)	16
3.2 Arsitektur Sistem IoT pada Smart Aquaponics	16
3.3 Topologi Sistem IoT pada Smart Aquaponics	17
3.6 Code Program perangkat IoT	19
BAB IV BUDI DAYA IKAN NILA UNTUK SMART AQUAPONIC	27
4.1 Pengertian Budidaya Ikan Nila pada Smart Aquaponic.....	27
4.2 Tahapan Budidaya Ikan Nila	27
4.3 Pemilihan Benih Ikan Nila	28
4.4 Persiapan Kolam Smart Aquaponic.....	28
4.5 Aklimatisasi Benih	29
4.6 Penebaran Benih.....	29
4.7 Pemberian Pakan	30
4.8 Jadwal Pemeliharaan Ikan	30
4.9 Pengamatan Kesehatan Ikan	31
4.10 Teknik Pemanenan	31
BAB V BUDI DAYA TANAMAN KANGKUNG UNTUK SMART AQUAPONIC	32
5.1 Pengertian Budidaya Kangkung pada Smart Aquaponic	32
5.2 Tahapan Budidaya Tanaman Kangkung	32
5.3 Pemilihan dan Persiapan Benih Kangkung.....	32
5.4 Penyemaian dan Pindah Tanam (<i>Transplanting</i>).....	33
5.4.1 Tahap Penyemaian	33
5.4.2 Pindah Tanam ke Sistem Smart Aquaponic	34
5.5 Jadwal & Teknik Pemeliharaan Tanaman	35

5.6 Pemanenan Kangkung.....	35
BAB VI KESIMPULAN	36
6.1 Kesimpulan	36
6.2 Kata Penutup dan Ucapan Terima Kasih	36
LAMPIRAN	37

BAB I

MENGENAL PKM-PM DAN INOVASI SMART AQUAPONICS

1.1. Program Kreativitas Mahasiswa Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM-PM)

Program Kreativitas Mahasiswa Pengabdian kepada Masyarakat (PKM-PM) adalah program yang bertujuan memberikan solusi terhadap berbagai permasalahan yang dihadapi masyarakat melalui penerapan ilmu pengetahuan, teknologi, serta hasil inovasi mahasiswa.

Kami dari tim PKM-PM Universitas Nahdlatul Ulama Blitar memberikan program dengan inovasi yang berjudul **“Implementasi Smart Aquaponics Berbasis Internet of Things (IoT) Sebagai Sarana Kemandirian Pangan dan Edukasi Agropreneur di Pondok Pesantren Baabussalaam”** dengan harapan program yang tidak hanya berfokus pada penyelesaian masalah, tetapi juga mendorong pemberdayaan mitra agar mampu meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kemandirian secara berkelanjutan.

1.2. Pengertian Aquaponic

Aquaponic merupakan sistem budi daya terpadu yang menggabungkan kegiatan *akuakultur* atau budi daya ikan dengan budi daya tanaman tanpa menggunakan tanah dalam satu siklus yang saling menguntungkan.

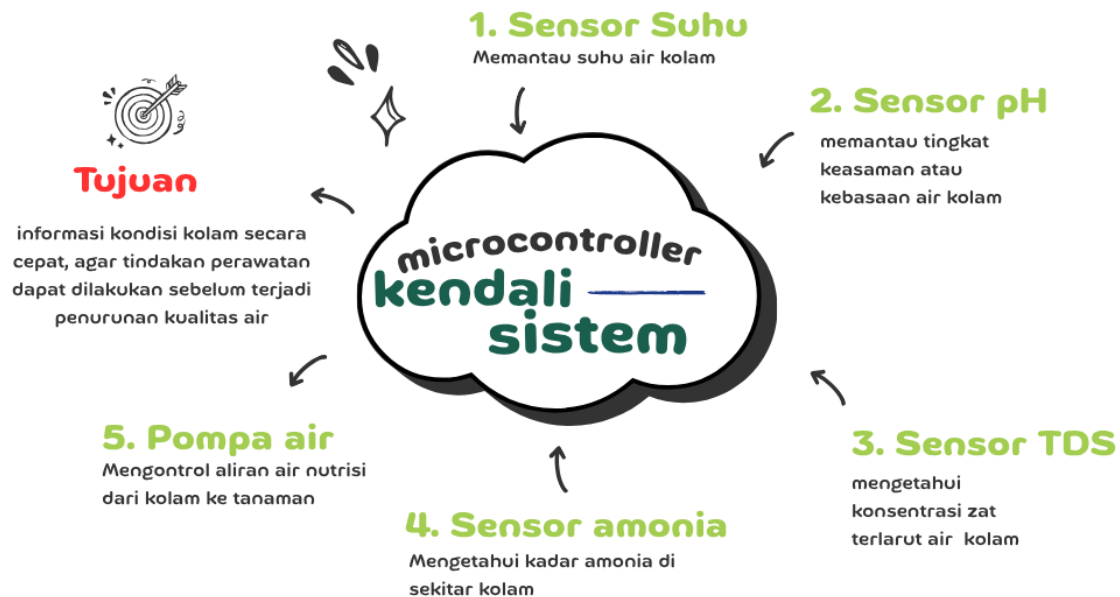
Pada sistem ini, air dari kolam ikan yang mengandung sisa pakan dan kotoran ikan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Sistem aquaponic bekerja berdasarkan prinsip resirkulasi air, sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien dibandingkan budidaya konvensional dan mampu menghasilkan dua komoditas sekaligus, yaitu ikan dan sayuran.

Kami memberikan sistem *aquaponic* yang diterapkan untuk membudidayakan ikan nila dan tanaman kangkung dengan memanfaatkan kembali kolam yang tidak digunakan serta limbah anorganik sebagai media pendukung budidaya.

1.3. Teknologi smart Aquaponic

Smart Aquaponic merupakan pengembangan dari sistem *aquaponic* konvensional yang dipadukan dengan teknologi *Internet of Things (IoT)*. Teknologi ini memungkinkan proses pemantauan kualitas air dilakukan secara otomatis dan *real-time* menggunakan berbagai sensor yang terhubung dengan *microcontroller*.

Program PKM-PM dari kami menggunakan beberapa sensor, yaitu sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman air, sensor *TDS* untuk mengetahui konsentrasi zat terlarut, sensor suhu untuk memantau *temperatur* air, serta sensor *amonia* untuk mengetahui kadar *amonia* yang dapat memengaruhi kesehatan ikan. Data dari setiap sensor diproses oleh *microcontroller* sebagai pusat kendali sistem, kemudian digunakan sebagai dasar dalam mengendalikan pompa sirkulasi air dan memantau kondisi budidaya secara lebih efektif.



Penerapan teknologi *IoT* menjadikan sistem budidaya lebih *modern* karena pengguna dapat memperoleh informasi kondisi kolam secara cepat, sehingga tindakan perawatan dapat dilakukan sebelum terjadi penurunan kualitas air yang berpotensi mengganggu pertumbuhan ikan maupun tanaman.

1.4. Manfaat sistem aquaponic

Memberikan manfaat, baik dari aspek lingkungan, ekonomi, pendidikan, maupun teknologi antara lain:

1. Menghasilkan dua komoditas yaitu ikan nila dan sayuran kangkung
2. Menghemat penggunaan air karena sistem menggunakan sirkulasi tertutup (resirkulasi).
3. Memanfaatkan limbah organik ikan sebagai sumber nutrisi alami
4. Menjadi media pembelajaran mengenai budidaya modern dan teknologi *Internet of Things (IoT)*.
5. Mendukung kemandirian pangan melalui produksi ikan dan sayuran secara berkelanjutan.

1.5. Keunggulan

1. Monitoring *real-time* kondisi kualitas air melalui sensor.
2. Efisiensi penggunaan air melalui sistem resirkulasi.
3. Pemanfaatan limbah anorganik botol plastik dan material bekas sebagai media tanam
4. Efisiensi perawatan, karena pemantauan kualitas air dilakukan secara otomatis menggunakan teknologi *IoT*.
5. Meningkatkan keterampilan masyarakat, khususnya dalam penerapan teknologi digital pada bidang pertanian dan perikanan.
6. Mendukung kemandirian pangan, melalui penyediaan sumber pangan yang berkelanjutan dan mudah diterapkan.

BAB II

MEMBANGUN SMART AQUAPONIC

2.1 Persiapan alat dan bahan

Dalam pembangunan sistem *Smart Aquaponic* Berbasis *Internet of Things (IoT)* ada beberapa alat dan bahan yang harus dipersiapkan dengan mengacu pada daftar peralatan dan bahan yang telah disusun dibawah ini.

A. Peralatan yang digunakan

Peralatan utama yang harus di siapkan untuk melakukan perakitan smart aquaponic

No	Nama alat	Foto Alat
1	Palu	
2	Gergaji	 
3	Gunting	
4	Obeng	
5	Bor listrik	
6	Solder	



Peringatan Keselamatan: Gunakan seluruh peralatan dengan hati-hati dan sesuai fungsinya. Hindari bekerja dengan tangan basah saat menggunakan peralatan listrik, serta jauhkan peralatan elektronik dari percikan air untuk mencegah terjadinya korsleting maupun sengatan listrik.

B. Bahan utama yang digunakan

1. Terpal kolam ikan



Terpal kolam ikan berfungsi sebagai tempat pemeliharaan ikan nila sekaligus sebagai sumber air yang akan disirkulasikan menuju media tanam. Air kolam yang mengandung sisa pakan dan kotoran ikan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman sebelum dialirkan kembali ke kolam melalui sistem resirkulasi. Terpal kolam yang digunakan dengan luas lahan dan kebutuhan budidaya. Sebelum digunakan, terpal harus dipastikan bersih, tidak bocor, serta dipasang pada rangka yang kuat agar mampu menopang volume air secara aman.

2. Balok kayu

Balok kayu digunakan sebagai rangka utama untuk menopang media tanam, pipa instalasi, serta komponen pendukung lainnya. Penggunaan balok kayu bertujuan agar seluruh instalasi *Smart Aquaponics* menjadi kokoh, stabil, dan mampu menahan beban selama proses budidaya berlangsung.



3. Pipa PVC



Pipa PVC berfungsi sebagai jalur sirkulasi air yang menghubungkan kolam ikan, pompa air, dan media tanam. Melalui pipa ini, air yang kaya nutrisi dialirkan menuju tanaman, kemudian kembali lagi ke kolam setelah melewati proses filtrasi. Pipa PVC dipilih karena memiliki ketahanan yang baik terhadap air, mudah dipasang, tidak mudah berkarat, dan memiliki umur pakai yang cukup panjang. i

4. Botol Plastik

Botol plastik bekas dimanfaatkan sebagai media tanam dalam sistem *Smart Aquaponics*. Pemanfaatan botol plastik merupakan salah satu bentuk pengolahan limbah anorganik sehingga memiliki nilai guna yang lebih tinggi. Botol dipotong dan disusun pada rak tanam sebagai tempat meletakkan media tanam dan tanaman kangkung. Selain mengurangi limbah plastik, penggunaan botol bekas juga mampu menekan biaya pembangunan sistem *aquaponic*.



5. Net pot



Net pot merupakan wadah tanam berbentuk pot berlubang yang digunakan untuk menopang tanaman pada sistem **Smart Aquaponics**. Lubang-lubang pada net pot memungkinkan akar tanaman tumbuh keluar dengan leluasa sehingga dapat menyerap air dan nutrisi yang mengalir dari kolam ikan secara optimal. Selain itu, desain berlubang juga memberikan sirkulasi udara yang baik pada daerah perakaran, sehingga membantu menjaga kesehatan dan pertumbuhan tanaman.

6. Sensor monitoring kualitas air

Sensor monitoring kualitas air digunakan untuk mengukur kondisi air kolam secara real time. Pada sistem ini digunakan sensor antara lain sebagai berikut.

Sensor Amonia MQ135



Fungsi Utama: Mengukur dan memantau kadar gas amonia (NH_3) atau polutan beracun di area sekitar air kolam. Amonia dihasilkan dari kotoran ikan dan sisa pakan yang membusuk. Jika kadar amonia terlalu tinggi, air menjadi beracun dan dapat memicu stres hingga kematian pada ikan. Sensor ini memberikan peringatan dini agar tindakan seperti sirkulasi atau penyaringan air segera dilakukan.

Sensor TDS (Total Dissolved Solids)



Fungsi Utama: Mengukur jumlah total zat atau padatan terlarut dalam air (seperti mineral, garam, dan ion nutrisi) dengan satuan PPM (Parts Per Million). TDS digunakan sebagai indikator pekat atau encernya kadar nutrisi terlarut dalam air kolam.

Sensor pH



Fungsi Utama: Mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air kolam pada skala 0–14. Keseimbangan pH sangat krusial bagi ekosistem akuaponik. Rentang pH ideal (sekitar 6,5 – 7,5) memastikan bakteri nitrifikasi dapat bekerja mengubah amonia menjadi nitrat, sekaligus menjaga agar tanaman dapat menyerap nutrisi air secara optimal tanpa membahayakan kesehatan ikan.

Sensor suhu DS18B20



Mengukur temperatur/suhu air kolam secara presisi dengan probe berlapis bahan tahan air (*waterproof*). Suhu air mempengaruhi tingkat metabolisme ikan, aktivitas bakteri pengurai, serta kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) dalam air. Pemantauan suhu membantu menjaga kestabilan lingkungan hidup bagi ikan dan perakaran tanaman.

6. Board Microcontroller

Board *microcontroller* merupakan pusat pengendali seluruh sistem *Smart Aquaponics* yang kita akan buat sendiri. *Microcontroller* bertugas menerima data dari seluruh sensor, mengolah informasi tersebut, serta mengendalikan perangkat lain seperti pompa air sesuai program yang telah dibuat. Selain itu, *microcontroller* juga memungkinkan data hasil pengukuran ditampilkan melalui sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)*, sehingga kondisi budidaya dapat dipantau secara *real-time*.



7. Pompa air

Pompa air berfungsi untuk mensirkulasikan air dari kolam ikan menuju media tanam dan mengembalikannya kembali ke kolam. Proses sirkulasi ini memungkinkan nutrisi yang berasal dari kotoran ikan dimanfaatkan oleh tanaman, sekaligus membantu menjaga kualitas air kolam tetap baik. Pompa harus memiliki kapasitas yang sesuai dengan volume kolam agar aliran air tetap stabil. Pemeriksaan pompa secara berkala perlu dilakukan untuk memastikan tidak terjadi penyumbatan maupun kerusakan yang dapat mengganggu sistem sirkulasi.



8. Bibit Kangkung



Bibit kangkung merupakan bahan utama yang digunakan sebagai komoditas tanaman pada sistem *Smart Aquaponic*. Kangkung dipilih karena memiliki pertumbuhan yang cepat, mudah dibudidayakan, serta mampu beradaptasi dengan baik pada sistem *aquaponic*. Selain itu, tanaman kangkung memiliki kemampuan menyerap unsur hara yang berasal dari sisa pakan dan kotoran ikan, sehingga membantu menjaga kualitas air kolam tetap baik.

9. Bibit ikan nilai

Bibit ikan nila merupakan komoditas kedua dalam sistem *Smart Aquaponics* yang berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi tanaman melalui hasil metabolisme dan sisa pakan. Kotoran ikan yang mengandung senyawa nitrogen akan diuraikan oleh bakteri menjadi unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman. Dengan demikian, ikan nila tidak hanya menjadi komoditas budidaya, tetapi juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem *aquaponic*.



Dengan mempersiapkan seluruh alat dan bahan secara lengkap serta memastikan setiap komponen berada dalam kondisi baik, proses pembangunan *Smart Aquaponics* Berbasis Internet of Things (IoT) dapat dilaksanakan dengan lebih mudah, aman, dan efisien. Setelah seluruh alat dan bahan tersedia, tahapan selanjutnya adalah

melakukan perakitan dan pemasangan sistem Smart Aquaponics sesuai dengan prosedur yang dijelaskan pada poin 2.2 berikutnya.

2.2 Pembuatan dan Perakitan smart aquaponic

Pembuatan dan perakitan Smart Aquaponics merupakan tahapan inti dalam pembangunan sistem budidaya terpadu yang mengombinasikan budidaya ikan (akuakultur) dengan budidaya tanaman tanpa tanah (hidroponik) berbasis Internet of Things (IoT). beberapa tahapan pembuatan dan perakitan antarlain:

2.2.1 Membuat Media tanam berbahan botol plastik bekas

Botol plastik transparan bekas minuman dimanfaatkan sebagai wadah penopang media tanam dan tempat mengalirnya air nutrisi kaya unsur hara dari kolam ikan nila menuju perakaran tanaman kangkung. Kumpulkan botol plastik bekas ukuran 1,5 liter sebanyak 60 PCS



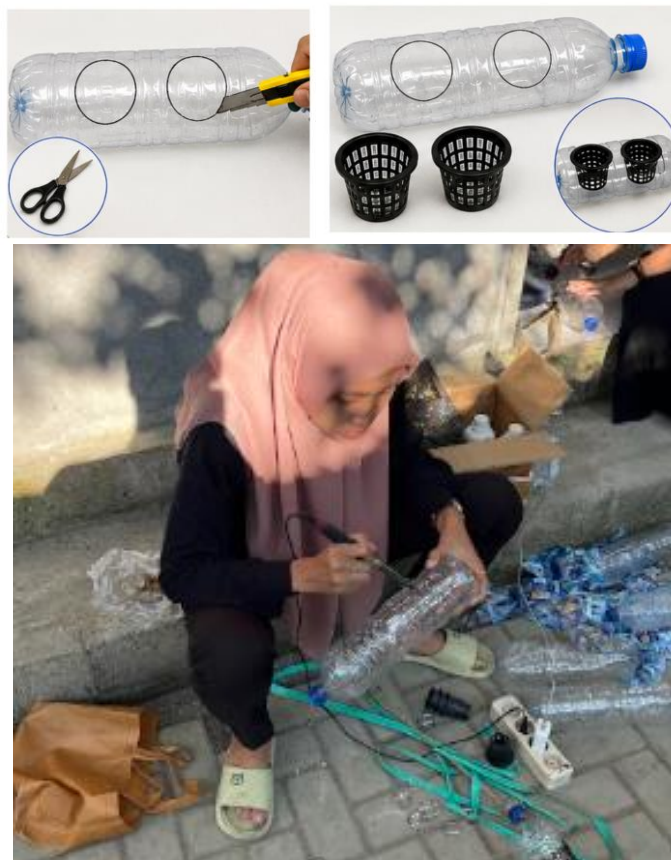
Lepaskan label kemasan dan cuci bagian dalam serta luar botol menggunakan air bersih hingga bebas dari sisa zat gula atau kimia minuman.



Buat dua pola jendela bulat di bagian sisi atas botol dengan ukuran menyesuaikan net pot menggunakan spidol.

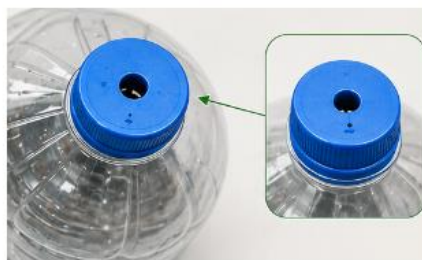


Potong pola tersebut menggunakan *cutter* atau gunting secara rapi sebagai tempat meletakkan *net pot* tanaman kangkung.



Gunakan peralatan tajam dengan hati-hati. Haluskan pinggiran potongan plastik agar tidak merusak perakaran tanaman kangkung yang sedang tumbuh.

Dan yang terakhir buat lubang masuk air (*inlet*) pada bagian tutup/leher botol.



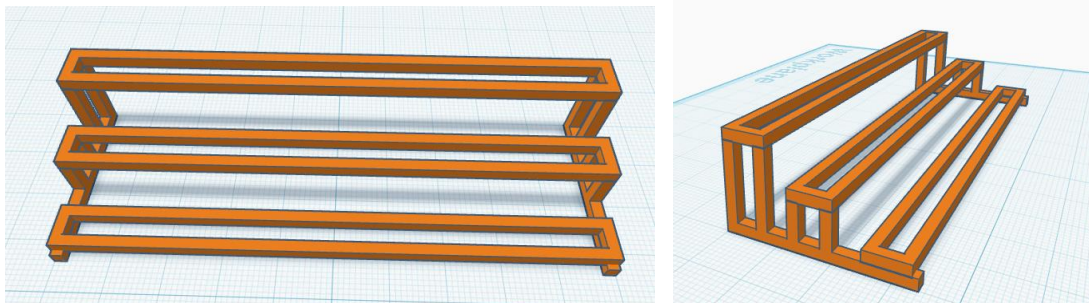
2.2.2 Membuat penyangga media tanam

Penyangga media tanam merupakan penopang struktural utama dalam instalasi *Smart Aquaponics* yang diletakkan tepat di atas area kolam ikan. Konstruksi ini dirancang menggunakan rangka balok kayu kokoh untuk menahan beban seluruh barisan botol plastik bekas (media tanam kangkung), pipa PVC sirkulasi, serta aliran air nutrisi secara stabil dan aman

Tujuan & Fungsi Utama:

Menyediakan penopang struktural yang kokoh dan presisi seluas area kolam 315 cm × 180 cm × 70 cm. guna menata wadah tanam bertingkat/sejajar dan menjaga kestabilan posisi seluruh komponen aquaponic.

pengukuran dan pemetaan dimensi kolam ukur batas luar bibir kolam ikan yang berdimensi 315 cm (panjang) × 180 cm (lebar) × 70 cm (tinggi) sebagai acuan dasar penempatan rangka penyangga. Potong balok kayu ber penebalan 7 cm × 7 cm menggunakan gergaji kayu sesuai dengan ukuran bentang kolam dan dimensi botol air. Rancangan desain sesuaikan seperti kerangka gambar di bawah.



Potong balok kayu 7 cm × 7 cm yang meliputi 6 batang balok memanjang sepanjang 315 cm sebagai dudukan botol tanam, 3 pasang tiang vertikal bertingkat (rendah, sedang, dan tinggi) untuk pembentuk struktur tangga, serta balok penopang melintang sepanjang 180 cm guna menjaga kestabilan rangka dari geseran.

Tahap perakitan dimulai dengan merangkai tiang-tiang vertikal dan balok horizontal pembentuk undakan pada struktur samping sisi kiri dan kanan yang direkatkan menggunakan paku kayu 3–4 inci (2–3 paku per titik) serta dipastikan bersudut siku.

Kedua struktur samping tersebut kemudian dihubungkan menggunakan 6 batang balok memanjang (315 cm), di mana pada tiap tingkat (Tingkat 1, 2, dan 3) dipasang 2 batang balok sejajar dengan celah yang disesuaikan pada botol plastik 1,5 Liter, lalu setiap ujungnya dikunci dengan paku kayu hingga menyatu kokoh.



- Pastikan tancapan paku masuk tegak lurus dan tenggelam ke dalam kayu agar tidak meninggalkan kepala paku yang menonjol.
- Pastikan jarak antar 2 balok sejajar pada tiap tingkat terukur presisi sesuai dengan lekukan bodi botol plastik.



2.2.3 Membuat perangkat IoT

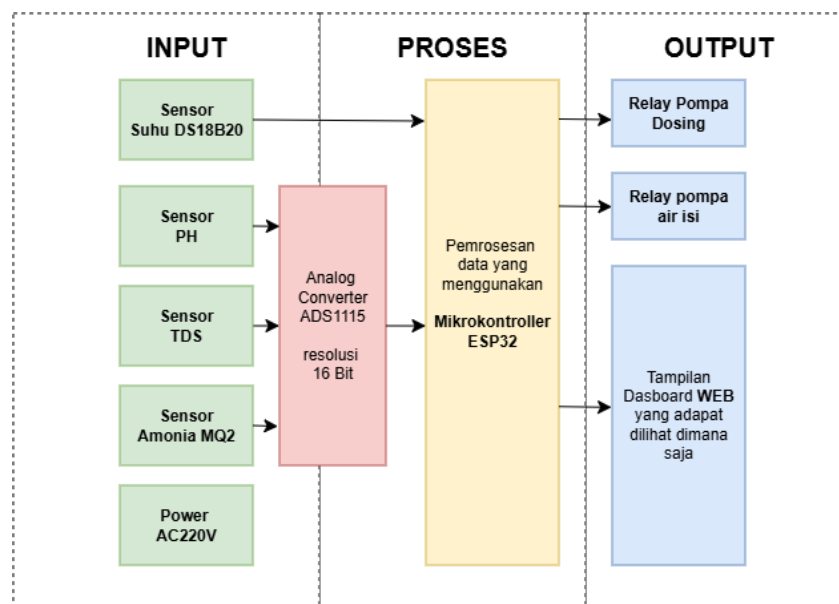
Perangkat IoT (*Internet of Things*) berfungsi sebagai pusat kendali (*brain unit*) dan pemrosesan data otomatisasi pada instalasi *Smart Aquaponics*. Modul ini dirancang terintegrasi untuk membaca parameter kualitas air secara *real-time* serta mengendalikan aktuator berupa pompa sirkulasi air dan beban opsional lainnya. Pembuatan perangkat IoT akan di bagi menjadi beberapa tahap dibawah.

Tujuan & Fungsi Utama:

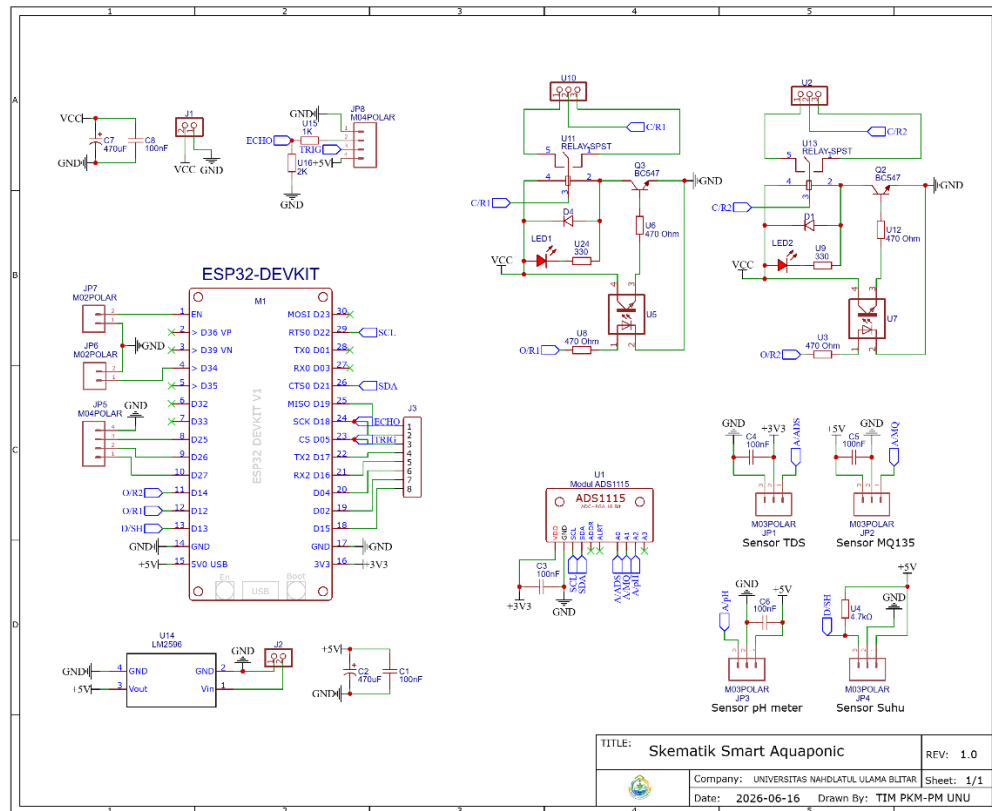
Mengotomatisasi pemantauan parameter vital air (pH, suhu, TDS, dan amonia) secara real-time dan terus-menerus guna menggantikan pengecekan manual. Pemrosesan data yang cepat memungkinkan sistem menjaga kestabilan ekosistem aquaponic dengan mendeteksi perubahan kondisi air secara dini sebelum membahayakan ikan dan tanaman.

A. Blok diagram perangkat IoT

Tahap pertama adalah membuat blog diagram. Blok diagram digunakan untuk memetakan atau mendeskripsikan aliran daya, masukan (*input*), pemrosesan, dan keluaran (*output*) pada sistem. Desain yang kami buat.



Tahap kedua adalah Merangkai jalur listrik detail antar komponen dari blok doigram. Pada Rangkaian skematik ini dirancang menggunakan perangkat lunak **EasyEDA**. Gambar skematik memperlihatkan keterhubungan antar-pin secara detail.



C. Bill Of Materials

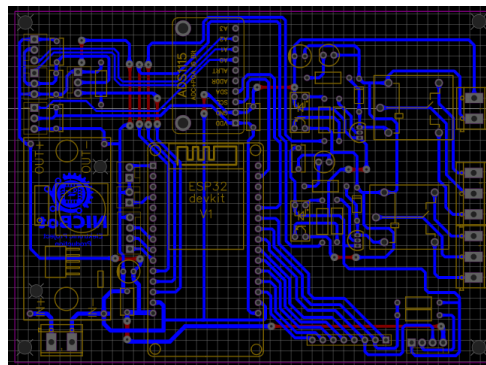
Tahap ketiga adalah membeli komponen PCB seperti yang ada pada tabel daftar komponen elektronik perangkat IoT *Smart Aquaponics*.

ID	NAME	DESIGNATOR	FOOTPRINT	QUANTITY
1	Socket M04POLAR	JP8,JP5	MOLEX-1X4	2
2	Reistor 1K	U15	RES-TH_BD2.7-L6.2-P10.20-D0.4	1
3	Reistor 2K	U16	RES-TH_BD2.7-L6.2-P10.20-D0.4	1
4	Kapasitor 100nF	C1,C3,C4,C5,C6,C8	KAPASITOR 100NF 100V MKP	6
5	Kapasitor 470uF	C2,C7	CAP-TH_BD5.5-P2.50-D0.5-FD_RYHT16V470UF5.5X11	2
6	Dioda 1N4148	D1,D4	DO-35_BD2.2-L4.0-D0.50_1N4148	2
7	Terminal Blok 2 Pin	J1,J2	TERMINAL_BLOCK_2P_5	2
8	Header malr 8 Pin	J3	HDR-M-2.54_1X8	1
9	Socket M03POLAR	JP1,JP2,JP3,JP4	MOLEX-1X3	4
10	Socket M02POLAR	JP6,JP7	MOLEX-1X2	2
11	LED merah 5,,	LED1,LED2	LED-TH_BD5.0_RED	2
12	Mikokontroller ESP32-DEVKIT	M1	ESP32-DEVKIT-V1-MODULE	1

13	Transistor 2N2222	Q1,Q4	TO-92-3_L5.1-W4.1-P1.27-L	2
14	Modul ADS1115 Analog converter	U1	MODUL ADS1115	1
15	Terminal blok 3 Pin	U2,U10	TERMINAL_BLOCK_3P_5	2
16	Resistor 470 Ohm	U3,U6,U8,U12	RES-TH_BD2.7-L6.2-P10.20-D0.4	4
17	Resistor 4.7kΩ	U4	RES-TH_BD2.7-L6.2-P10.20-D0.4	1
18	Resistor 330	U9,U24	RES-TH_BD2.7-L6.2-P10.20-D0.4	2
19	OPTOCOPLER PC817	U5,U7	PC817 OPTOCOPLER	2
20	RELAY-SPST 5V 5P	U11,U13	RELAY-TH_RELAY-SPST	2
21	Stepdown LM2596	U14	LM2596-STEPDOWN-MODULE	1

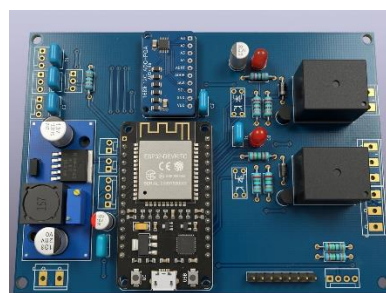
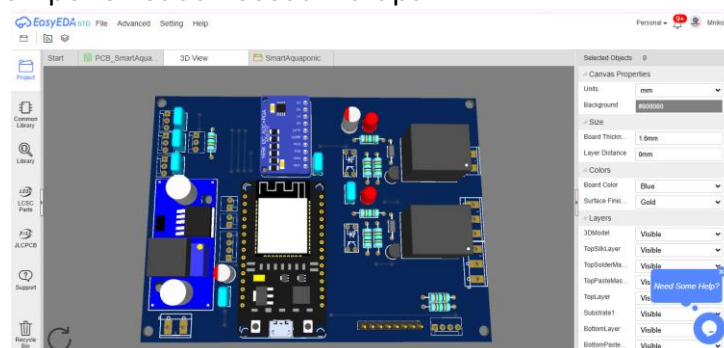
D. Desain layout perangkat IoT

Tahap keempat setelah komponen tersedia di toko . membuat tata letak (layout) papan PCB 2-layer yang dirancang pada **EasyEDA** dengan memperhatikan kaidah teknik elektro.



E. 3D View perangkat IoT

Tahap kelima melihat hasil render 3D View dari EasyEDA memberikan visualisasi bentuk fisik nyata dari papan PCB setelah dipasang komponen guna memastikan komponen sudah sesuai harapan.



F. Penyablonan PCB, penyolderan dan perakitan dalam box

Tahap terakhir adalah proses penyablonan PCB dan penyolderan komponen. Pada tahap ini, seluruh komponen elektronik dipasang pada PCB sesuai dengan skema rangkaian yang telah dirancang. Setelah semua komponen terpasang, dilakukan proses penyolderan untuk memastikan setiap sambungan listrik terhubung dengan baik dan kuat. Setelah komponen terpasang berikutnya adalah perakitan dalam box guna melindungi komponen vital terkena air kolam.



2.2.4 Merakit Keseluruhan aquaponic

Tahap perakitan akhir (*final assembly*) mengintegrasikan seluruh elemen mekanis, perpipaan sirkulasi air, wadah tanaman, hingga penempatan sensor-sensor IoT pada titik lokasi yang telah ditentukan untuk memastikan sistem berfungsi secara otomatis dan berkesinambungan.

A. Penataan Wadah Tanam Botol Plastik dan Rangka Kayu

Pemasangan wadah botol plastik, botol-botol plastik bekas berukuran 1,5 liter yang telah dilubangi bagian atasnya dipasang berjejer pada 3 tingkat undakan rangka kayu 7 cm x 7 cm.



B. Perakitan Perpipaan PVC dan Sistem Sirkulasi Air

Instalasi pompa dan jalur distribusi utama, pompa celup (submersible pump) diletakkan di dalam kolam terpal ikan untuk mendorong air kaya nutrisi ke bagian atas instalasi. Pipa pvc utama dipasang vertikal dari dasar kolam menuju ke bagian paling atas rak bertingkat sebagai manifold pembagi air.



C. Penempatan Sensor IoT dan Pengkabelan Sesuai Titik Lokasi

Penempatan titik sensor dan modul IoT dilakukan secara presisi untuk menjamin akurasi data parameter kualitas air. pemasangan sensor seperti pada titik lokasi gamabar di bawah.



STRUKTUR KOMPONEN Smart Aquaponic berbasis IoT

BAB III

MENGENAL TEKNOLOGI IOT

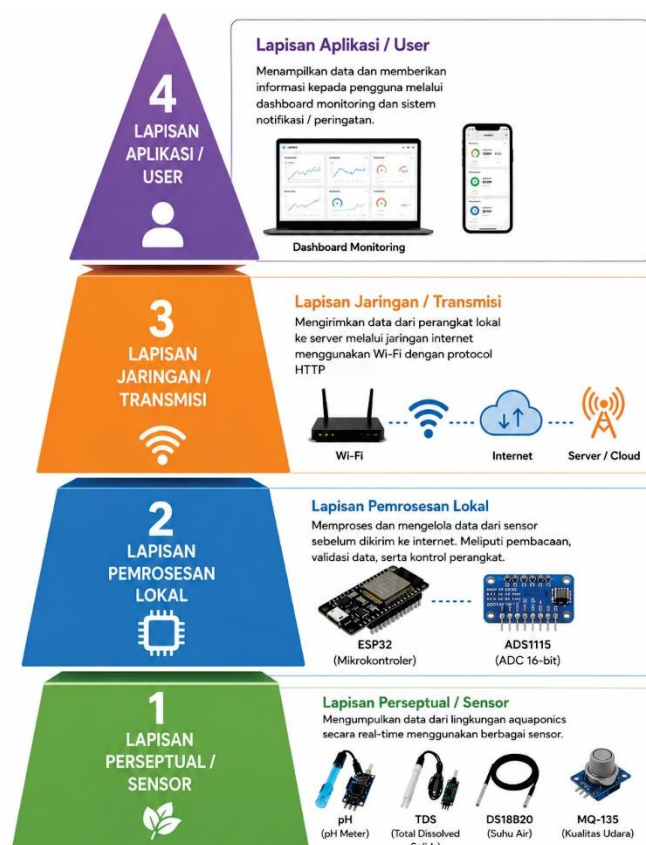
3.1 Pengertian dan Konsep Dasar Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah paradigma komputasi di mana perangkat fisik (*things*) dilengkapi dengan sensor, pengolah data (*microcontroller*), aktuator, dan teknologi komunikasi untuk mengumpulkan, memproses, serta mempertukarkan data melalui jaringan internet tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer secara langsung.

Dalam ekosistem *Smart Aquaponics*, IoT berperan sebagai infrastruktur cerdas yang menghubungkan kondisi fisik air ke alam digital. Data yang ditangkap oleh sensor diproses secara otomatis untuk mengambil tindakan langsung sekaligus dikirim ke platform *cloud* agar pengelola dapat memantau kondisi budidaya secara *real-time* dari mana saja.

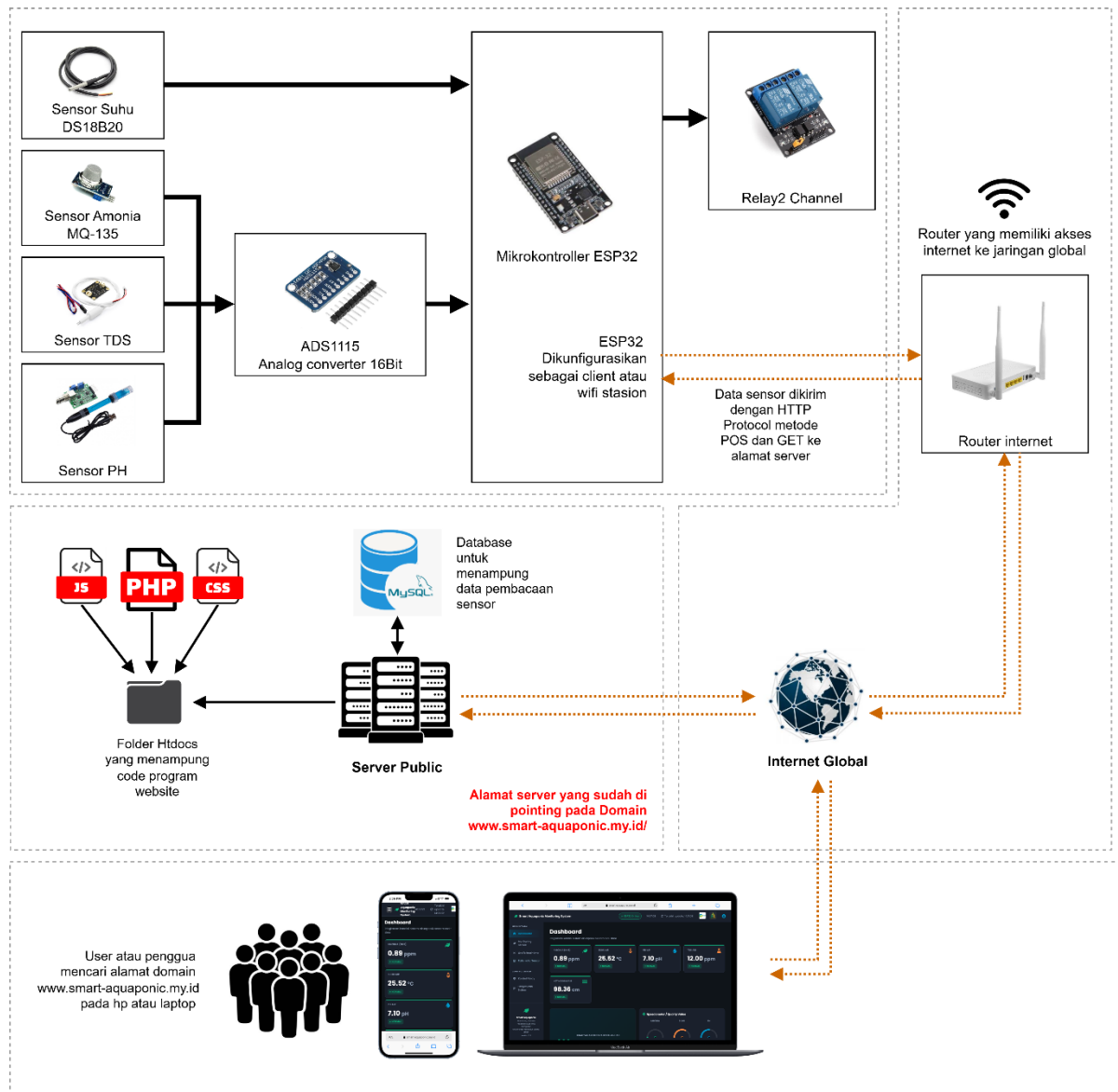
3.2 Arsitektur Sistem IoT pada Smart Aquaponics

Apa sih yang dimaksud dengan Arsitektur Sistem IoT (*Internet of Things*) ? Arsitektur IoT adalah struktur, kerangka kerja, dan tingkatan (*layers*) yang mengatur bagaimana komponen-komponen dalam sistem IoT saling terhubung, berkomunikasi, dan bekerja sama. Secara sederhana, arsitektur ini merupakan alur perjalanan data mulai dari fisik (dunia nyata) hingga menjadi informasi yang bermanfaat bagi pengguna. Arsitektur IoT pada sistem ini terbagi menjadi empat lapisan utama (*four-layer architecture*) yang digambarkan pada gambar dibawah ini.



3.3 Topologi Sistem IoT pada Smart Aquaponics

Temen teman tau tidak apa itu topologi sistem ? Topologi sistem adalah Gambaran struktur keterhubungan fisik (*hardware layout*) maupun logika alur komunikasi (*communication flow*) antar-komponen elektronik, sensor, aktuator, hingga server *cloud* dalam instalasi *Smart Aquaponics*. Pada sistem ini, pada system ini digambarkan seperti berikut.



Alur ini diawali pada Lapisan Pemrosesan Lokal (*Edge Layer*), di mana mikrokontroler ESP32 yang dikonfigurasi sebagai *Wi-Fi Station/Client* mengumpulkan data pembacaan parameter kualitas air yang telah terdigitisasi. Data tersebut kemudian dikemas ke dalam format paket data terstruktur (*data payload*) yang siap ditransmisikan secara nirkabel. Pada tahap ini, ESP32 juga menjalankan eksekusi perintah otomatisasi lokal ke modul *Relay 2 Channel* untuk mengendalikan aktuator secara langsung di lokasi.

Memasuki Lapisan Transmisi Jaringan (*Network Layer*), ESP32 mengirimkan paket data melalui jaringan Wi-Fi lokal menuju *Router Internet* yang terhubung ke jaringan *Internet Global*. Pengiriman data dari perangkat ESP32 ke server remote memanfaatkan

protokol komunikasi HTTP. ESP32 mengeksekusi metode *HTTP POST* secara berkala untuk mengunggah paket data parameter ke server, serta dapat menggunakan metode *HTTP GET* untuk menarik status konfigurasi atau perintah kontrol terbaru dari server jika diperlukan.

Paket data yang melintasi jaringan internet selanjutnya diterima pada Lapisan Server (*Server Layer*), yaitu *Server Public* yang terikat pada domain www.smart-aquaponic.my.id. Di dalam server, berkas *script* pemrograman web (PHP, JavaScript, dan CSS) pada direktori *htdocs* memproses setiap permintaan API (*request*) yang masuk dari ESP32. Data tersebut kemudian disimpan secara terstruktur ke dalam basis data MySQL sebagai rekam medis historis (*data logging*).

Alur informasi berlanjut hingga ke Lapisan Visualisasi Pengguna (*Application Layer*). Pengguna atau pengelola sistem dapat memantau kondisi akuaponik dengan mengakses domain www.smart-aquaponic.my.id melalui peramban web di *smartphone* maupun laptop. Saat halaman diakses, *browser* pada perangkat pengguna mengirimkan permintaan *HTTP GET* ke *Server Public* melalui jaringan internet. Server merespon dengan menyajikan antarmuka *Dashboard Monitoring* berbasis JS, PHP, dan CSS yang mengambil data terbaru dari database MySQL. Dengan demikian, seluruh riwayat dan kondisi air kolam dapat divisualisasikan secara *real-time* pada layar HP atau laptop pengguna dari mana saja.

SCAN DIBAWAH UNTUK MELIHAT WEB DASHBORDNYA!!



Tujuan & Fungsi Utama:

Mengotomatisasi pemantauan parameter vital air (pH, suhu, TDS, dan amonia) secara real-time dan terus-menerus guna menggantikan pengecekan manual. Pemrosesan data yang cepat memungkinkan sistem menjaga kestabilan ekosistem aquaponik dengan mendeteksi perubahan kondisi air secara dini sebelum membahayakan ikan dan tanaman.



3.6 Code Program perangkat IoT

Kode program pada perangkat IoT bertindak sebagai instruksi logika utama yang ditanamkan (*embedded*) ke dalam memori mikrokontroler ESP32 untuk mengatur seluruh operasional sistem secara mandiri. Pemrograman dilakukan menggunakan bahasa C/C++ pada lingkungan *Integrated Development Environment* (IDE) dengan memanfaatkan pustaka (*library*) khusus untuk mengelola komunikasi I2C pada ADC ADS1115, pembacaan protokol *One-Wire* sensor suhu, hingga manajemen konektivitas Wi-Fi.

Struktur kode program ini terbagi menjadi dua bagian utama yaitu fungsi **setup()** yang mengeksekusi inisialisasi pin I/O, konfigurasi modul komunikasi, dan pembuatan koneksi ke jaringan internet; serta fungsi **loop()** yang secara berulang (*continuous*) melakukan akuisisi data sensor, pemrosesan algoritma kalibrasi, eksekusi kontrol otomatisasi *relay*, dan pengemasan data ke dalam format JSON. Selanjutnya, kode program memicu perintah *HTTP POST Request* secara periodik untuk mentransmisikan data parameter kualitas air menuju *Server Public* melalui jaringan internet, sekaligus memastikan sistem tetap dapat menjalankan fungsi proteksi lokal secara andal meskipun terjadi kendala koneksi.

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <WiFiManager.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <ArduinoOTA.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1X15.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <esp_task_wdt.h>
#include <math.h>
#include <Preferences.h>

const char* serverURL = "https://smart-aquaponic.my.id/simpan.php";
const char* settingURL = "https://smart-aquaponic.my.id/ambil_setting.php";

#define SUHU_PIN 13
#define TRIG_PIN 5
#define ECHO_PIN 18
#define RELAY1 12
#define RELAY2 14
#define WIFI_RESET 34
#define LED_RED 25
#define LED_GREEN 26
#define LED_BLUE 27

#define TDS_CHANNEL 0
```

```

#define MQ135_CHANNEL 1
#define PH_CHANNEL 2

#define RL 10.0
#define R0 21.19

float mqFilter = 0;
float tdsFilter = 0;
float jarakMin = 20;
float jarakMax = 50;
float tinggiSensor = 200;

int relay2Status = 0;

bool relay2BlinkState = LOW;
unsigned long relay2Timer = 0;
unsigned long relay2Interval = 5000;
char relay2IntervalChar[10] = "3000";

bool adsReady = false;
bool phReady = false;
bool tdsReady = false;
bool mqReady = false;

OneWire oneWire(SUHU_PIN);
DallasTemperature sensorSuhu(&oneWire);
Adafruit_ADS1115 ads;
Preferences preferences;

void rgbOff() {
    digitalWrite(LED_RED, LOW);
    digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
    digitalWrite(LED_BLUE, LOW);
}

void ledWifiReset() {
    rgbOff();
    digitalWrite(LED_RED, HIGH);
}

void ledWifiOK() {
    rgbOff();
    digitalWrite(LED_GREEN, HIGH);
}

void ledWifiError() {
    rgbOff();
    digitalWrite(LED_BLUE, HIGH);
}

```

```

}

void loadPreferences() {
    preferences.begin("setting", true);
    relay2Interval = preferences.getULong("relay2Time", 3000);
    preferences.end();
    sprintf(relay2IntervalChar, "%lu", relay2Interval);
    Serial.print("Relay2 Interval : ");
    Serial.println(relay2Interval);
}

void savePreferences() {
    preferences.begin("setting", false);
    preferences.putULong("relay2Time", relay2Interval);
    preferences.end();
    Serial.println("Relay2 Interval Disimpan");
}

void resetWifi() {
    Serial.println("RESET WIFI");
    ledWifiReset();
    WiFiManager wm;
    WiFiManagerParameter relayIntervalParam("relay2time", "Relay2 Interval (ms)",
    relay2IntervalChar, 10);
    wm.addParameter(&relayIntervalParam);
    wm.resetSettings();
    delay(1000);
    Serial.println("MASUK WIFI MANAGER");

    if (wm.startConfigPortal("SMART-AQUAPONIC-ESP32")) {
        Serial.println("WIFI TERHUBUNG");
        ledWifiOK();
        relay2Interval = atol(relayIntervalParam.getValue());
        savePreferences();
    } else {
        Serial.println("GAGAL WIFI");
        ledWifiError();
    }
}

void cekButtonWifi() {
    static bool tombolLama = HIGH;
    bool tombol = digitalRead(WIFI_RESET);
    if (tombol == LOW && tombolLama == HIGH) {
        delay(50);
        resetWifi();
    }
    tombolLama = tombol;
}

```

```

}

void setupOTA() {
  ArduinoOTA.setHostname("SMART-AQUAPONIC-ESP32");
  ArduinoOTA.setPassword("12345678");
  ArduinoOTA.begin();
  Serial.println("OTA READY");
}

float bacaADC(int channel) {
  if (!adsReady) return -1;
  long total = 0;
  for (int i = 0; i < 20; i++) {
    total += ads.readADC_SingleEnded(channel);
    delay(5);
  }
  return (total / 20.0) * 0.125 / 1000.0;
}

float bacaSuhu() {
  sensorSuhu.requestTemperatures();
  float suhu = sensorSuhu.getTempCByIndex(0);
  if (suhu == -127)
    return -1;
  return suhu;
}

float bacaJarak() {
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  long waktu = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 30000);

  if (waktu == 0) return -1;
  return waktu * 0.034 / 2;
}

float bacaTinggiAir() {
  float jarak = bacaJarak();
  if (jarak < 0) return -1;

  float tinggiAir = tinggiSensor - jarak;
  if (tinggiAir < 0) tinggiAir = 0;
  return tinggiAir;
}

```

```

float bacaNH3() {
    float voltage = bacaADC(MQ135_CHANNEL);
    if (voltage < 0.05) {
        mqReady = false;
        return -1;
    }
    mqReady = true;
    mqFilter = mqFilter * 0.9 + voltage * 0.1;
    float RS = ((5.0 * RL) / mqFilter) - RL;
    float ratio = RS / R0;
    if (ratio <= 0)
        return -1;
    return pow(10, ((log10(ratio) - 0.42) / -0.35));
}

```

```

float bacaPH() {
    float voltage = bacaADC(PH_CHANNEL);
    if (voltage < 0.05) {
        phReady = false;
        return -1;
    }
    float ph = 7.0 + ((2.5 - voltage) * 3);
    if (ph < 0 || ph > 14) {
        phReady = false;
        return -1;
    }
    phReady = true;
    return ph;
}

```

```

float bacaTDS() {
    float voltage = bacaADC(TDS_CHANNEL);
    if (voltage < 0.05) {
        tdsReady = false;
        return -1;
    }

    tdsReady = true;
    tdsFilter = tdsFilter * 0.8 + voltage * 0.2;
    return tdsFilter * 500;
}

```

```

void ambilSetting() {
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) return;
    WiFiClientSecure client;
    client.setInsecure();
}

```

```

HTTPClient http;
if (http.begin(client, settingURL)) {
    int code = http.GET();
    if (code == 200) {
        String data = http.getString();
        StaticJsonDocument<300> json;
        DeserializationError error = deserializeJson(json, data);
        if (!error) {
            jarakMin = json["jarak_min"];
            jarakMax = json["jarak_max"];
            tinggiSensor = json["tinggi_ultrasonic"];
            relay2Status = json["relay2"];
            Serial.println("SETTING OK");
        }
    }
    http.end();
}

void kontrolRelay(float jarak) {
    if (jarak > jarakMax) {
        digitalWrite(RELAY1, HIGH);
    }

    else if (jarak < jarakMin) {
        digitalWrite(RELAY1, LOW);
    }
    if (relay2Status == 1) {
        digitalWrite(RELAY2, HIGH);
    } else {
        digitalWrite(RELAY2, LOW);
    }
}

void kirimData() {
    float suhu = bacaSuhu();
    float jarak = bacaJarak();
    float nh3 = bacaNH3();
    float ph = bacaPH();
    float tds = bacaTDS();

    StaticJsonDocument<512> json;
    json["suhu"] = suhu;
    json["jarak"] = jarak;
    json["ph"] = ph;
    json["tds"] = tds;
    json["mq135"] = nh3;
}

```

```

    json["relay1"] = digitalRead(RELAY1) == HIGH;
    json["relay2"] = relay2Status;
    String output;
    serializeJson(json, output);
    Serial.println(output);

    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        WiFiClientSecure client;
        client.setInsecure();
        HTTPClient http;
        if (http.begin(client, serverURL)) {
            http.addHeader("Content-Type", "application/json");
            int code = http.POST(output);
            Serial.print("HTTP : ");
            Serial.println(code);
            http.end();
        }
    }
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.print("RESET REASON : ");
    Serial.println(esp_reset_reason());

    pinMode(WIFI_RESET, INPUT);
    pinMode(LED_RED, OUTPUT);
    pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
    pinMode(LED_BLUE, OUTPUT);

    rgbOff();

    pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
    pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
    pinMode(RELAY1, OUTPUT);
    pinMode(RELAY2, OUTPUT);

    digitalWrite(RELAY1, LOW);
    digitalWrite(RELAY2, LOW);
    sensorSuhu.begin();
    Wire.begin(21, 22);
    if (ads.begin()) {
        adsReady = true;
        Serial.println("ADS READY");
    }
    ads.setGain(GAIN_ONE);

    WiFi.mode(WIFI_STA);

```

```

loadPreferences();
WiFiManager wm;
WiFiManagerParameter relayIntervalParam("relay2time", "Relay2 Interval (ms)",
relay2IntervalChar, 10);
wm.addParameter(&relayIntervalParam);
wm.setConfigPortalTimeout(180);
if (wm.autoConnect("SMART-AQUAPONIC-ESP32")) {
    Serial.println("WIFI CONNECTED");
    ledWifiOK();
    relay2Interval = atol(relayIntervalParam.getValue());
    savePreferences();
} else {
    Serial.println("JALAN TANPA WIFI");
    ledWifiError();
}
setupOTA();
Serial.println("SYSTEM READY");
}

void loop() {
    cekButtonWifi();
    ArduinoOTA.handle();
    float jarak = bacaJarak();
    ambilSetting();
    kontrolRelay(jarak);
    kirimData();
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        ledWifiOK();
    } else {
        ledWifiError();
    }
    delay(100);
}

```

BAB IV

BUDI DAYA IKAN NILA UNTUK SMART AQUAPONIC

4.1 Pengertian Budidaya Ikan Nila pada Smart Aquaponic

Budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada sistem *Smart Aquaponic* merupakan kegiatan pemeliharaan ikan yang mengintegrasikan proses budidaya ikan dengan sistem hidroponik melalui mekanisme resirkulasi air. Air dari kolam ikan dialirkan menuju media tanaman untuk membantu memanfaatkan hasil metabolisme dan sisa pakan yang terdapat di dalam air. Keberhasilan budidaya ikan pada *Smart Aquaponic* tidak hanya ditentukan oleh pemberian pakan, tetapi juga oleh pengelolaan kualitas air, kepadatan ikan, kesehatan ikan, sirkulasi air, serta kondisi tanaman.

4.2 Tahapan Budidaya Ikan Nila

Kegiatan budidaya ikan nila pada sistem *Smart Aquaponic* dilakukan melalui serangkaian tahapan sistematis, dimulai dari pemilihan benih, persiapan kolam, aklimatisasi, dan penebaran benih. Tahap berikutnya meliputi pemberian pakan, pemantauan kualitas air, sampling pertumbuhan, pemeliharaan rutin, evaluasi, hingga proses pemanenan. Setiap tahapan harus dilakukan secara berurutan agar ikan dapat beradaptasi dengan baik terhadap lingkungan budidaya dan pertumbuhannya dapat berlangsung secara optimal.



4.3 Pemilihan Benih Ikan Nila

Benih merupakan komponen awal yang menentukan keberhasilan proses pembesaran ikan. Benih yang digunakan untuk Smart Aquaponic harus berasal dari sumber yang dapat dipercaya dan memiliki kondisi fisik yang baik. Pemilihan benih dilakukan dengan memperhatikan beberapa karakteristik sebagai berikut:

- Benih memiliki ukuran yang relatif seragam.
- Benih aktif bergerak dan memberikan respons terhadap lingkungan.
- Bentuk tubuh normal dan tidak mengalami cacat fisik.
- Tidak terdapat luka atau kerusakan pada tubuh.
- Tidak menunjukkan tanda-tanda penyakit.
- Warna tubuh normal sesuai karakteristik ikan nila.
- Benih memiliki nafsu makan yang baik.
- Benih tidak menunjukkan perilaku berenang abnormal.

Keseragaman ukuran penting untuk mengurangi persaingan dalam memperoleh pakan. Referensi mengenai budidaya ikan nila pada kolam terpal menekankan bahwa benih perlu dipilih terlebih dahulu untuk memperoleh ikan yang berukuran relatif sama, sehat, dan memiliki pertumbuhan yang baik.

4.4 Persiapan Kolam Smart Aquaponic

A. Pemeriksaan Kolam

Periksa kondisi fisik kolam dan pastikan tidak terdapat kebocoran. Dinding dan dasar kolam harus bersih dari benda tajam atau bahan yang dapat melukai ikan.

B. Pengisian Air

Air dimasukkan secara bertahap ke dalam kolam. Sistem sirkulasi kemudian dijalankan untuk memastikan pompa, pipa, filter, media tanam, dan jalur pengembalian air dapat bekerja dengan baik.



Sebelum ikan dimasukkan, sistem harus dipastikan tidak mengalami

- Kebocoran
- Penyumbatan pipa
- Pompa berhenti
- Aliran air terlalu lemah atau terlalu deras
- Air terlalu keruh atau menunjukkan adanya pencemaran

C. Aktivasi Sistem Akuaponik

Sistem Smart Aquaponic harus dijalankan sehingga terjadi sirkulasi air antara kolam ikan, unit filtrasi, dan media tanaman. Sistem resirkulasi berfungsi membantu mempertahankan kualitas air. Dalam penelitian akuaponik ikan nila, parameter yang diamati meliputi suhu, TDS, pH, dan amonia.

4.5 Aklimatisasi Benih

Benih ikan tidak boleh langsung dituangkan ke dalam kolam apabila terdapat perbedaan kondisi air antara tempat asal benih dengan kolam Smart Aquaponic. Aklimatisasi dilakukan untuk mengurangi risiko stres akibat perubahan lingkungan secara tiba-tiba.

Prosedur Aklimatisasi

- Tempatkan wadah berisi benih di dekat kolam.
- Biarkan wadah berada pada kondisi lingkungan kolam selama beberapa waktu.
- Masukkan air kolam sedikit demi sedikit ke dalam wadah benih.
- Biarkan benih menyesuaikan diri terhadap perubahan kondisi air.
- Setelah benih menunjukkan kondisi normal, benih dapat dilepaskan ke dalam kolam.
- Hindari menangkap atau memindahkan ikan secara kasar.

4.6 Penebaran Benih

Penebaran dilakukan setelah kualitas air dan sistem sirkulasi dipastikan dalam kondisi baik. Benih ditebar secara perlahan dan **tidak dilemparkan langsung ke dalam kolam**. Wadah benih dapat dimiringkan secara perlahan sehingga ikan keluar dengan sendirinya.

Penebaran sebaiknya dilakukan pada **pagi hari** atau **sore hari** untuk mengurangi perubahan lingkungan yang terlalu ekstrem terhadap benih. Jumlah benih yang ditebar harus disesuaikan dengan kapasitas kolam dan kemampuan sistem filtrasi serta tanaman. Kepadatan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan jumlah limbah metabolisme dan sisa pakan sehingga kualitas air lebih cepat menurun.



4.7 Pemberian Pakan

Pakan merupakan faktor utama penyedia nutrisi untuk pembentukan jaringan tubuh dan peningkatan bobot. Pada Smart Aquaponic, pemberian pakan harus dikendalikan karena sisa pakan yang tidak termakan akan menjadi sumber bahan organik yang membebani sistem filtrasi.

Jenis pakan

Pakan yang digunakan berupa pakan buatan berbentuk pelet dengan kandungan protein 14–16%. Pakan harus disimpan di tempat yang kering, bersih, terhindar dari air, sinar matahari langsung, serta bahan kimia.

Acuan pemberian pakan adalah sebesar 3% dari biomassa ikan per hari dengan frekuensi 3 kali sehari dengan rumus

$$\text{Pakan Harian} = \text{Biomassa Ikan} \times \text{Dosis Pakan}$$

Contoh perhitungan pakan harian

Populasi: 100 ekor, bobot rata-rata 100g

Biomassa = 10kg

Dosis 3%: Pakan harian = 10kg x 3% = 0,3 (300gram /hari)

Pembagian 3 kali sehari pagi = 100 g, Siang = 100 g, dan Sore = 100 g.

Pakan diberikan secara bertahap pada area kolam secara merata dan tidak dijatuhkan sekaligus. Amati respons ikan dan hentikan pemberian apabila ikan mulai kehilangan respons makan untuk mencegah pelet menumpuk di dasar kolam.

4.8 Jadwal Pemeliharaan Ikan

KEGIATAN	WAKTU
Pemberian pakan	3 kali/hari
Pemeriksaan kondisi ikan, pompa, & sirkulasi	Setiap hari
Monitoring sensor Smart Aquaponic	Setiap hari / real-time
Pembersihan filter	Sesuai kondisi
Sampling bobot & evaluasi jumlah pakan	Berkala
Pemeriksaan kualitas air	Berkala dan saat terjadi perubahan
Pemanenan	Berdasarkan target ukuran

4.9 Pengamatan Kesehatan Ikan

Pengamatan dilakukan harian. Ikan yang sehat bergerak aktif, merespons pakan, dan bebas luka. Jika ditemukan ikan sakit atau mati, segera keluarkan dari sistem agar tidak menular.

4.10 Teknik Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada **pagi atau sore hari** ketika suhu lebih rendah untuk mengurangi stres ikan.

Tahapan Panen

- Hentikan pemberian pakan sebelum panen.
- Matikan/sesuaikan pompa dan turunkan ketinggian air secara bertahap.
- Gunakan jaring yang sesuai secara perlahan.
- Bersihkan kolam dan persiapkan untuk siklus berikutnya.

BAB V

BUDI DAYA TANAMAN KANGKUNG UNTUK SMART AQUAPONIC

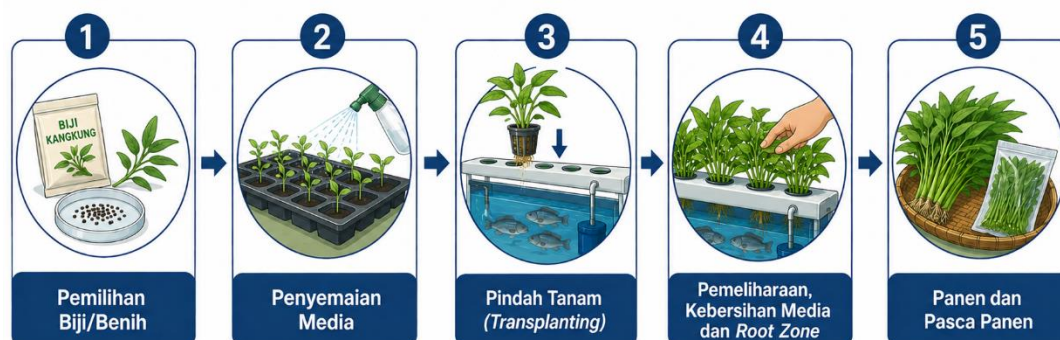
5.1 Pengertian Budidaya Kangkung pada Smart Aquaponic

Budidaya kangkung (*Ipomoea aquatica*) pada sistem Smart Aquaponic merupakan teknik pemeliharaan tanaman hidroponik yang memanfaatkan unsur hara dari limbah metabolisme ikan dan sisa pakan pada sistem resirkulasi air. Kangkung bertindak sebagai penyaring biologis (bioremediator) yang menyerap senyawa nitrat, fosfat, dan amonia terlarut untuk pertumbuhannya, sekaligus membersihkan air yang akan dikembalikan ke kolam ikan.

Integrasi ini menciptakan ekosistem simbiotik limbah ikan menyediakan nutrisi organik bagi kangkung, sementara akar kangkung dan mikroorganisme pada media tanam membantu memurnikan air demi menjaga kelangsungan hidup ikan.

5.2 Tahapan Budidaya Tanaman Kangkung

Proses budidaya kangkung pada sistem Smart Aquaponic dilakukan secara berurutan melalui tahapan Pemilihan Biji/Benih, Penyemaian Media, Pindah Tanam (*Transplanting*), Pemeliharaan, Kebersihan Media dan Root Zone yang terakhir Panen dan Pasca Panen.



5.3 Pemilihan dan Persiapan Benih Kangkung

Benih merupakan penentu utama daya tumbuh dan keseragaman tanaman kangkung di dalam akuaponik.

Kriteria Benih Berkualitas

- Memiliki daya kecambah tinggi > 85%.
- Bebas dari hama, penyakit, atau cendawan.
- Ukuran biji relatif seragam dan bernas (berisi).
- Varietas kangkung darat/air yang responsif terhadap sistem resirkulasi basa rendah/netral.

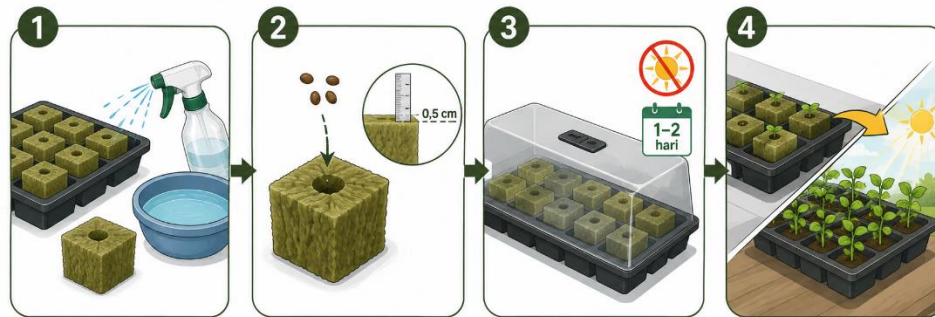
Perlakuan Benih (Seed Treatment)

- Rendam benih kangkung dalam air hangat 35–40° selama 3–6 jam.
- Buang benih yang mengapung dan pilih benih yang tenggelam untuk disemai.

5.4 Penyemaian dan Pindah Tanam (*Transplanting*)

Penyemaian dan pindah tanam merupakan tahapan awal dalam proses budidaya kangkung pada sistem Smart Aquaponic. Tahap ini dilakukan secara berurutan, dimulai dari persiapan media semai, penanaman benih, pemeliharaan bibit hingga siap dipindahkan ke sistem Smart Aquaponic.

5.4.1 Tahap Penyemaian



Pertama, siapkan media semai berupa *rockwool*, spons, atau *cocopeat* yang telah dibasahi menggunakan air bersih. Media semai harus dalam kondisi lembap, tetapi tidak terlalu banyak mengandung air, agar benih dapat memperoleh kelembapan yang cukup untuk proses perkecambahan.

Selanjutnya, lakukan penanaman benih dengan memasukkan sebanyak 2–4 biji kangkung ke dalam setiap lubang media semai. Benih ditempatkan pada kedalaman kurang lebih 0,5 cm, kemudian lubang ditutup secara tipis menggunakan media semai.

Setelah itu, media semai ditempatkan pada lokasi yang terlindung dari cahaya matahari langsung selama 1–2 hari. Tahap ini bertujuan memberikan kondisi yang sesuai bagi benih untuk memulai proses perkecambahan (*sprouting*). Setelah benih mulai berkecambah, bibit secara bertahap dikenalkan dengan cahaya matahari agar dapat beradaptasi dan tumbuh dengan baik.



5.4.2 Pindah Tanam ke Sistem Smart Aquaponic

Setelah bibit mencapai umur 7–10 Hari Setelah Semai atau telah memiliki 3–4 helai daun sejati, bibit dapat dipindahkan dari media semai ke sistem Smart Aquaponic. Pada tahap ini, pemindahan harus dilakukan secara hati-hati agar akar dan media semai tidak mengalami kerusakan.

Selanjutnya, bibit beserta media semainya ditempatkan ke dalam *net pot* yang telah diberi *spon* atau kerikil sebagai media penyangga. Media tersebut berfungsi menjaga posisi bibit tetap stabil sekaligus memberikan ruang bagi akar untuk berkembang.

Kemudian, *net pot* ditempatkan pada lubang tanam yang tersedia pada sistem Smart Aquaponic. Pada saat penempatan, pastikan bagian dasar *net pot* dapat bersentuhan atau memperoleh akses yang cukup terhadap aliran air hasil resirkulasi dari kolam ikan. Dengan demikian, akar tanaman dapat memperoleh pasokan air dan nutrisi yang berasal dari sistem aquaponic.



5.5 Jadwal & Teknik Pemeliharaan Tanaman

KEGIATAN	WAKTU	TUGAS
Pemeriksaan debit & aliran air	Setiap hari	Memastikan tidak ada penyumbatan pipa pada <i>sub-system</i> hidroponik.
Pembersihan busa / lumut	1–2 kali / minggu	Bersihkan lumut berlebih pada <i>tray</i> atau instalasi

5.6 Pemanenan Kangkung

Kangkung aquaponic dapat dipanen pada umur 21–25 Hari Setelah Tanam atau saat tinggi tanaman mencapai 20–30cm.

Tahapan

- Panen Cabut: Membongkar tanaman beserta akarnya dari net pot. Cocok untuk pengosongan media/siklus baru.
- Panen Potong: Memotong batang kangkung 3–5 cm di atas pangkal media. Metode ini memungkinkan kangkung tumbuh kembali (*regrowth*) untuk siklus panen kedua.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Program *Smart Aquaponics* berbasis *Internet of Things* (IoT) merupakan inovasi berbasis teknologi tepat guna yang memadukan budidaya ikan nila dan tanaman kangkung secara efisien dan ramah lingkungan. Integrasi sistem pemantauan otomatis (pH, suhu, TDS, dan amonia) serta pemanfaatan limbah anorganik terbukti mampu mengoptimalkan penggunaan air, efisiensi perawatan, serta mendukung kemandirian pangan masyarakat.

6.2 Kata Penutup dan Ucapan Terima Kasih

Demikian buku pedoman ini disusun sebagai acuan praktis dalam merancang, merakit, dan mengelola sistem *Smart Aquaponics*. Kami berharap buku panduan ini dapat memberikan manfaat nyata, menginspirasi semangat *agropreneurship*, serta menjadi langkah awal dalam penerapan teknologi digital pada bidang pertanian dan perikanan yang berkelanjutan.

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan (Belmawa Kemendikbudristek)** atas dukungan dan pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM-PM).
2. **Universitas Nahdlatul Ulama Blitar** dan **LPPM UNU Blitar** atas bimbingan, fasilitas, dan arahan selama pelaksanaan program.
3. **Ibu Lestariningsih, S.Pt, M.P** selaku Dosen Pembimbing atas pendampingan dan masukan yang berharga.
4. **Pondok Pesantren Baabussalaam (Kemloko, Nglegok, Blitar)** selaku mitra atas kerja sama, partisipasi aktif, dan antusiasme yang luar biasa.
5. Seluruh anggota **Tim PKM-PM Smart Aquaponic** serta pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini.

Semoga dedikasi dan kerja sama ini membuahkan hasil yang bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan kesejahteraan masyarakat.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

LAMPIRAN

