



# SMART AQUAPONIC SYSTEM: PROSES BUDIDAYA SAYURAN DAN IKAN LELE YANG HIJAU DAN BERKELANJUTAN DENGAN IMPLEMENTASI TEKNOLOGI TEPAT GUNA

Azzikri Selky Saefana Putra<sup>1</sup>, Rizqi Dian Anggara<sup>1</sup>, Bintang Putra Megantara<sup>1</sup>, Thomas Oka Pratama<sup>1</sup>, Siti Rachmi Indahsari<sup>2</sup>, Ahmad Adi Suhendra<sup>2</sup>,  
Universitas Gadjah Mada<sup>1</sup>

PT Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit III Plaju<sup>2</sup>

[bintangputramegantara2004@mail.ugm.ac.id](mailto:bintangputramegantara2004@mail.ugm.ac.id)

## ABSTRACT

*The massive conversion of agricultural land in Indonesia poses a serious threat to food availability, particularly vegetables. The Smart Aquaponic System was developed as a precision farming solution integrating catfish aquaculture and vegetable cultivation using the Nutrient Film Technique (NFT), sensor-based automation, and solar energy supply. This system optimizes the use of fish waste as Liquid Organic Fertilizer (LOF) to enhance plant growth while maintaining water quality. Research results show that the Smart Aquaponic System can reduce water consumption by 70–90%, increase plant growth rates by 30–50%, and maintain water TDS levels within the ideal range of 600–800 ppm. The automation system, consisting of TDS sensors, water level sensors, solenoid valves, and an automatic fish feeder, successfully stabilizes the aquaponic cycle in a sustainable manner. With the integration of solar energy, the system supports circular economy principles, reduces dependence on external electricity, and shows strong potential for large-scale implementation in limited land areas.*

**Keywords:** aquaponics, NFT hydroponics, catfish, precision farming, solar panel.

## ABSTRAK

Alih fungsi lahan pertanian yang masif di Indonesia menimbulkan ancaman terhadap ketersediaan pangan, khususnya sayur-mayur. Smart Aquaponic System hadir sebagai solusi berbasis *precision farming* yang mengintegrasikan budidaya ikan lele dan sayuran dengan memanfaatkan teknologi hidroponik Nutrient Film Technique (NFT), sistem otomasi sensor, serta suplai energi dari panel surya. Sistem ini mengoptimalkan pemanfaatan kotoran ikan sebagai

## Article History

Received: Agustus 2025

Reviewed: Agustus 2025

Published: Agustus 2025

Plagiarism Checker No  
235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Pupuk Organik Cair (POC) untuk pertumbuhan tanaman sekaligus menjaga kualitas air budidaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Smart Aquaponic System mampu menghemat penggunaan air hingga 70–90%, meningkatkan laju pertumbuhan tanaman sebesar 30–50%, serta menjaga kadar TDS air dalam rentang ideal 600–800 ppm. Sistem otomatis berbasis sensor TDS, water level, solenoid valve, dan *automatic fish feeder* berhasil menjaga kestabilan siklus akuaponik secara berkelanjutan. Dengan integrasi energi surya, sistem ini mendukung konsep ekonomi sirkular, mengurangi ketergantungan listrik eksternal, serta berpotensi diimplementasikan secara luas pada lahan terbatas.

**Kata kunci:** akuaponik, hidroponik NFT, lele, precision farming, panel surya.

## PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia memiliki kultur konsumsi sayur-mayur yang begitu melekat. Sebanyak 94,8% masyarakat memiliki rerata konsumsi sayur-mayur mencapai 70 gram per hari setiap tahunnya (Herminda & Prihatini, 2014). Namun, alih fungsi lahan untuk keperluan pemukiman dan industri menyebabkan penyusutan lahan pertanian dari tahun ke tahun. Moeldoko, ketua Himpunan Kerukunan Tani Indonesia (HKTI), mengatakan bahwa terjadi penyusutan lahan pertanian seluas 120 ribu hektar setiap tahunnya. Hal serupa juga terjadi di Palembang, perluasan pembangunan di Kecamatan Gandus, Kertapati, dan Kalidoni menyebabkan penyusutan lahan pertanian hingga 10%. Situasi tersebut ditakutkan akan menyebabkan kelangkaan suplai sayur di berbagai daerah. Sejatinya, skema agrikultur berbasis sistem hidroponik dapat menjadi solusi alternatif. Skema hidroponik merujuk pada metode kultivasi tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam dan bersifat hemat lahan sehingga dapat menyiasati kondisi luasan lahan pertanian yang semakin tergerus oleh alih fungsi lahan. Kendati demikian, skema ini membutuhkan konsumsi daya yang besar untuk memastikan sirkulasi air bernutrisi di dalam sistem tetap terjaga. Tidak hanya itu, metode ini membutuhkan *monitoring* dan perawatan lebih intens ketimbang metode pertanian konvensional untuk memastikan tanaman tumbuh di dalam lingkungan dan kondisi air yang sesuai. Belum lagi, sistem hidroponik memiliki nilai ekonomi yang terbatas pada beberapa varian tanaman sehingga bukan menjadi pilihan yang tepat untuk mengatasi permasalahan yang ada.

Skema budidaya akuaponik hadir sebagai bentuk pengembangan dari skema hidroponik. Skema tersebut mengkolaborasikan budidaya hortikultura berbasis sistem hidroponik dengan akuakultur. Untuk semakin memaksimalkan hasil



produksi dan mempermudah *monitoring*, implementasi *Internet of Things* dan berbagai inovasi bertemakan industri 4.0 telah banyak dilakukan (Haryanto *et al.*, 2019). Namun, seringkali berbagai bentuk kebaruan tersebut berujung pada sistem yang terlalu kompleks dengan konsumsi daya berlebih (Ibrahim *et al.*, 2023). Situasi ini lantas memunculkan sebuah urgensi untuk menciptakan sebuah sistem/skema akuaponik berbasis teknologi tepat guna sebagai sebuah inovasi agrikultur yang berkelanjutan. Karenanya, dilakukan inovasi “Smart Aquaponic System” untuk mengatasi permasalahan yang ada. Smart Aquaponic System adalah skema budidaya sayuran dan ikan lele yang *green* dan *sustainable* dengan memanfaatkan konsep *precision farming* (teknologi tepat guna). Dalam skema ini, budidaya ikan lele dilakukan untuk meningkatkan produktivitas ekonomi, penyediaan sumber pangan, serta mewujudkan konsep pertanian hijau. Kotoran ikan yang kaya akan kandungan amonia dan nutrisi, digunakan sebagai Pupuk Organik Cair (POC) untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman. Penyediaan POC pada sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) memungkinkan penyerapan nutrisi tanaman secara optimum sehingga mampu meningkatkan laju pertumbuhan sayuran sebanyak 30-50% dan dapat diaplikasikan pada lahan pertanian yang relatif kecil. Di samping itu, utilisasi air budidaya ikan dan penerapan hidroponik NFT membuat sistem bernilai 70-90% lebih hemat air ketimbang metode pertanian konvensional sehingga mampu menciptakan ketahanan suplai pangan dan ekonomi sirkular yang baik, bahkan saat kemarau berkepanjangan tiba. Lebih lagi, Smart Aquaponic System juga dilengkapi oleh sistem otomasi berbasis tenaga fotovoltaik sebagai bentuk penerapan dari *precision farming* untuk menciptakan sistem pertanian berkelanjutan yang produktif dan optimal, sekaligus mengurangi beban biaya listrik. Smart Aquaponic System meliputi sistem otomasi berupa sensor TDS (kekeruhan) terhubung dengan *microcontroller*. Pada saat kekeruhan air budidaya ikan berada di luar rentang ideal, *microcontroller* akan secara otomatis membuka katup untuk mengisi tangki ikan dengan air bersih dan membuka valve pembuangan. Pompa akan mengalirkan POC ke dalam sistem hidroponik NFT secara periodik dan mengalir kembali ke dalam tangki budidaya ikan membentuk sebuah siklus berkelanjutan. Smart Aquaponic System juga menjadi manifestasi dari 3 poin *Sustainable Development Goals* (SDGs), seperti poin ke-2 “Tanpa Kelaparan”, poin ke-12 “Produksi dan Konsumsi yang Bertanggung Jawab”, dan poin ke-13 “Penanganan Perubahan Iklim. Berdasarkan pendahuluan yang sudah ditulis diatas, maka diperoleh beberapa rumusan masalah yang ditulis sebagai berikut:

a) Bagaimana skema implementasi *precision farming* (teknologi tepat guna) pada sistem akuaponik untuk mewujudkan sistem agrikultur yang hijau, berkelanjutan, dan berbasis *circular economy*?

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sebuah skema implementasi *precision farming* atau teknologi tepat guna pada sistem akuaponik. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat terwujud suatu sistem agrikultur yang tidak hanya hijau dan ramah lingkungan, tetapi juga berkelanjutan serta berlandaskan konsep



*circular economy*. Melalui integrasi antara budidaya ikan dan tanaman dalam satu ekosistem, sistem ini dirancang agar mampu mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, meningkatkan efisiensi produksi, serta memberikan kontribusi nyata terhadap ketahanan pangan sekaligus keberlanjutan lingkungan.

### **Metode Penelitian**

Karya berjudul “Smart Aquaponic System: Proses Budidaya Hijau dan Berkelanjutan dengan Implementasi Teknologi Tepat Guna” menggunakan dua jenis penelitian, yaitu:

#### **Penelitian Kepustakaan**

Penelitian kepustakaan ditujukan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan berpijak pada kedalaman analisis dan kajian kritis terhadap sumber-sumber bacaan kredibel. Referensi dari penelitian ini berupa jurnal ilmiah serta karya tulis yang termuat dalam *e-library* Universitas Gadjah Mada dan sumber serupa. Karenanya, hasil penelitian merupakan skema komprehensif dengan fondasi keilmuan yang jelas.

#### **Penelitian Pengembangan**

Penelitian pengembangan merupakan kegiatan untuk memecahkan permasalahan aktual dengan memanfaatkan teori, konsep, prinsip, atau temuan penelitian yang relevan dengan mengembangkan produk inovasi untuk memecahkan suatu masalah. Dari rangkaian sumber yang ada dilakukan pengembangan dan kombinasi gagasan untuk menciptakan skema sistem aquaponic yang lebih efektif dan efisien serta ekonomis.

#### **Teknik Pengambilan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengukur, mengidentifikasi, serta mencatat informasi yang relevan dari literatur yang telah dipilih sebagai sumber referensi penelitian. Adapun pengolahan data akan dilakukan dengan mengidentifikasi tren dan pola pada data, mengintegrasikan, dan menyatukan data yang kemudian akan disajikan dalam bentuk narasi, grafik, tabel, atau diagram.

#### **Rencana Analisa Data**

Analisis data dilakukan dengan pendekatan kualitatif deskriptif menggunakan sintesis informasi yang telah didapat melalui prototipe yang kemudian dibandingkan dan ditelaah lebih lanjut untuk menghasilkan interpretasi hasil. Kemudian dilakukan visualisasi data dengan penelitian.

Dalam analisis data penelitian ini, terdapat beberapa variabel yang perlu diperhatikan dan batasan yang akan diamati sebagai berikut:

1. Variabel Terikat

Variabel ini mengukur kualitas lingkungan sistem akuaponik, membandingkan kekeruhan (tingkat ppm) bacaan sensor dengan nilai optimum untuk budidaya akuaponik.

2. Variabel Bebas

Variabel Bebas dalam penelitian ini adalah periode kerja pompa dalam mengatur sirkulasi air di sistem.

### 3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah debit aliran air, jumlah tanaman, serta sudut kemiringan hidroponik, dan jenis ikan budidaya.

### Skema Rancangan Smart Aquaponic System

#### Rancangan Utuh Smart Aquaponic System

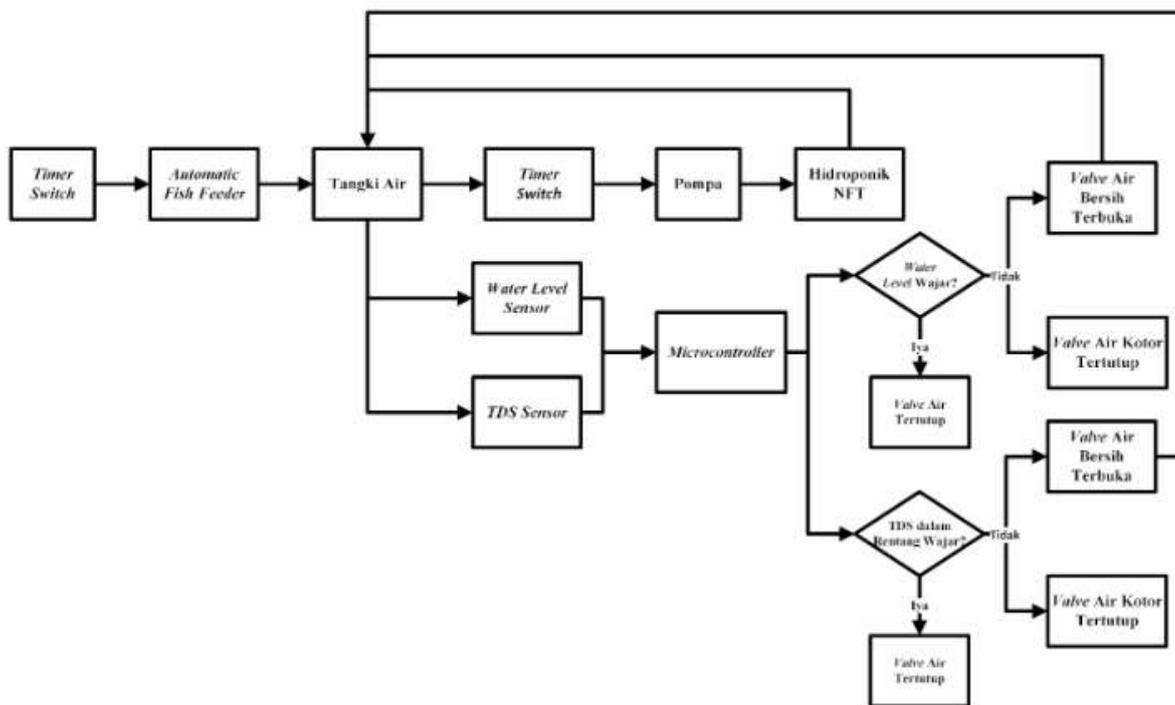
Proses perancangan Smart Aquaponic System dilakukan dengan merujuk kepada berbagai sumber literatur relevan yang kemudian melahirkan gagasan dari Smart Aquaponic System. Desain Smart Aquaponic System kemudian diaktualisasikan dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor seperti pada Gambar 1 di bawah ini



**Gambar 1.** Rancangan Smart Aquaponic System

Gambar 1 menunjukkan rancang-desain Smart Aquaponic System yang dilengkapi dengan tiga komponen inovasi. Pertama, skema hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) untuk memaksimalkan utilisasi daya dari sistem serta penyerapan nutrisi dari tanaman budidaya. Integrasi dengan tangki budidaya ikan (akuakultur) yang berperan untuk meningkatkan nilai produksi sistem sekaligus sebagai sumber nutrisi tanaman dalam bentuk Pupuk Organik Cair (POC). Kedua, sistem otomasi untuk menciptakan kondisi sistem akuaponik yang optimal. Terakhir, utilisasi dari teknologi fotovoltaik sebagai suplai daya dari sistem otomasi.

Adapun mekanisme kerja dari Smart Aquaponik System adalah sebagaimana yang tertera pada Gambar 2 di bawah ini.

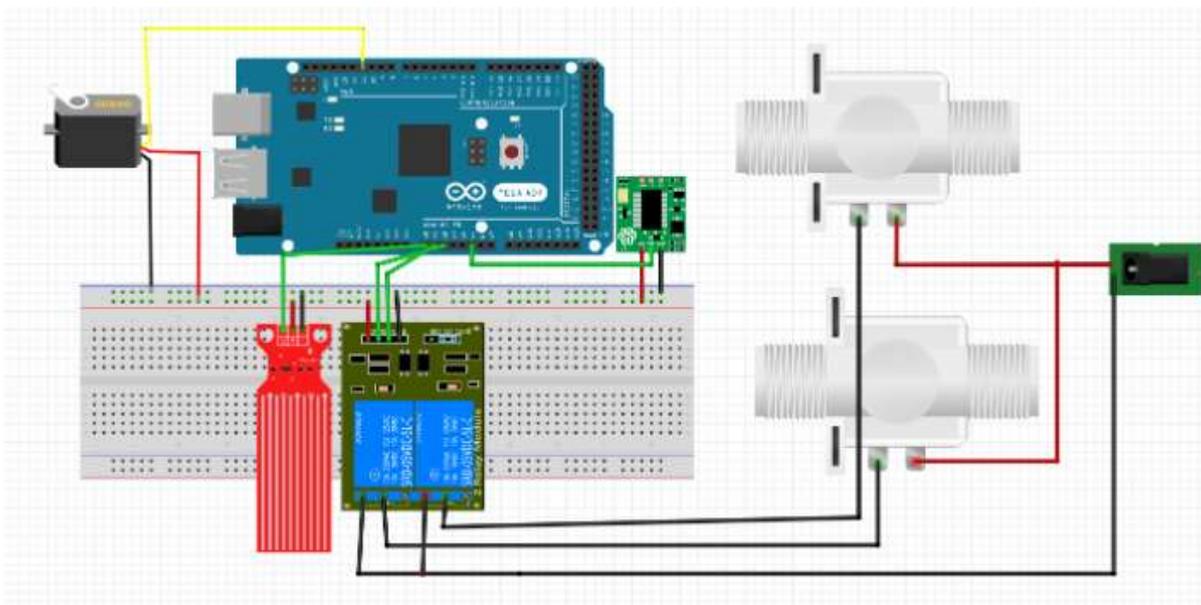


Gambar 2. Skema Kerja Smart Aquaponic System

Pada Gambar 2, terdapat pompa yang akan mengalirkan air tangki budidaya bernutrisi ke dalam sistem hidroponik NFT secara periodik. Selain itu, terdapat perangkat *microcontroller* yang terkoneksi dengan *water level sensor* dan *TDS sensor* untuk mengatur kerja *valve* pada sistem. Saat level air tangki berada di bawah batas wajar, *valve* air bersih akan terbuka dan mengisi tangki. Namun, bila level tangki melebihi batas wajar, *valve* air tangki akan terbuka dan mengurangi volume air di dalam tangki. Saat rentang TDS (kekeruhan) air tangki di luar kewajaran, maka *valve* air bersih akan mengisi tangki dan *valve* kotor akan terbuka dan mengeluarkan air dari tangki. Terakhir, terdapat *automatic feeder* yang terhubung dengan *timer* untuk mengatur distribusi pakan ikan secara otomatis.

### Rancangan Sistem Otomasi Pada Smart Aquaponic System

Smart Aquaponic System dilengkapi dengan sensor TDS untuk mengukur tingkat kekeruhan air budidaya akuakultur serta *water level sensor* untuk mengukur ketinggian air dalam kolam. Sensor terhubung ke *microcontroller* untuk membandingkan hasil bacaan sensor dengan nilai optimum untuk sistem akuaponik. Jika bacaan sensor mengindikasikan nilai ppm di atas wajar, maka *microcontroller* akan membuka *valve* air bersih ke dalam tangki sekaligus membuang air limbah budidaya ke luar tangki. Rancangan komponen elektronis dari Smart Aquaponic System dibuat menggunakan *software* Fritzing dan menghasilkan skema seperti pada Gambar 3 di bawah ini.

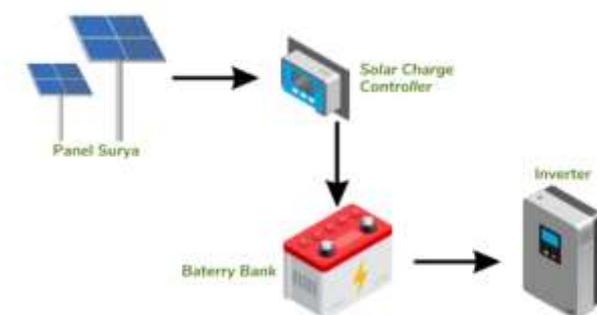


Gambar 3 menunjukkan rancangan elektronik dimana terdapat sensor TDS, *water level sensor*, *solenoid valve* dan *microcontroller*. Selain itu terdapat timer switch digital untuk mengatur periode kerja pompa dalam proses sirkulasi air kaya nutrisi ke dalam sistem hidroponik NFT. Sistem juga mencakup teknologi pemberian pakan otomatis (*automatic fish feeder*) seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Rancangan *Automatic Fish Feeder*

Pemberian pakan ikan secara otomatis ini dilakukan secara periodik sesuai dengan kebutuhan dari jenis ikan budidaya. Sistem ini bekerja menggunakan *timer switch* digital serta servo sebagai sistem mekanik untuk menuangkan pakan ikan. Kebutuhan daya dari Smart Aquaponic System dipasok dari panel surya dengan skema instalasi *off-grid* sebagaimana tertampil pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancangan Sistem Panel Surya

Panel surya (fotovoltaik) akan mengkonversikan cahaya matahari menjadi listrik yang kemudian disimpan pada baterai. Untuk memperpanjang usia baterai, dilakukan instalasi *solar charge controller* dengan tiga fungsi utama, yakni: mencegah *overcharging*, *over-discharging*, dan arus balik pada baterai. Selain itu, terdapat juga *inverter* yang digunakan untuk menyesuaikan arus listrik *Direct Current* (DC) sesuai dengan jenis arus yang dibutuhkan oleh Smart Aquaponic System.

## Hasil dan Pembahasan

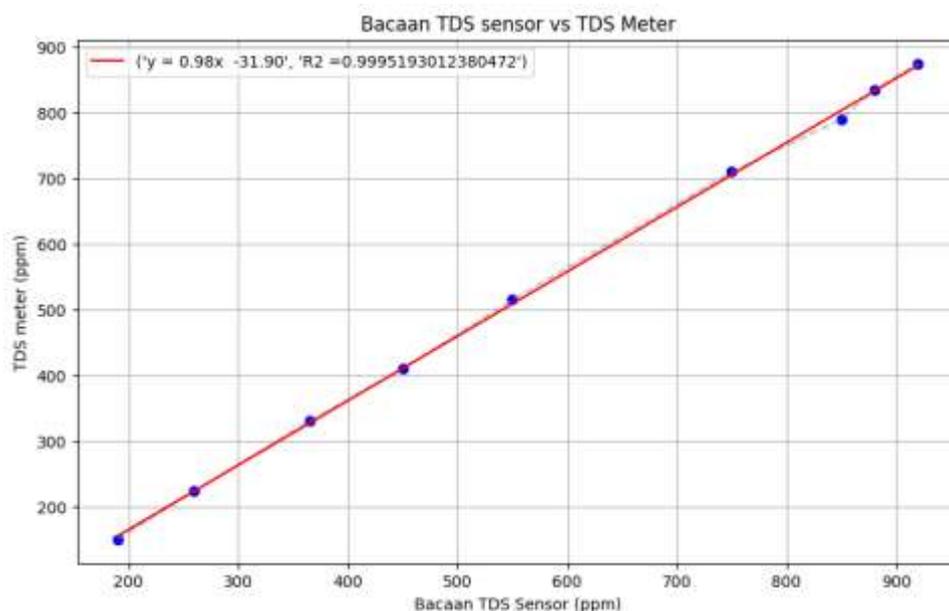
### Deskripsi Penelitian

#### *Control Box*

*Control box* terdiri merupakan *sub-system Smart Aquaponic* yang terdiri dari TDS Sensor, Water level sensor, servo motor, dan valve.

#### TDS Sensor

*Total Dissolved Solid* (TDS) merepresentasikan keseimbangan osmotik, ketersediaan oksigen, kualitas air, maupun pH air pada sistem. Komparasi antara hasil bacaan sensor TDS dan TDS meter adalah seperti pada **Gambar 8** di bawah ini..

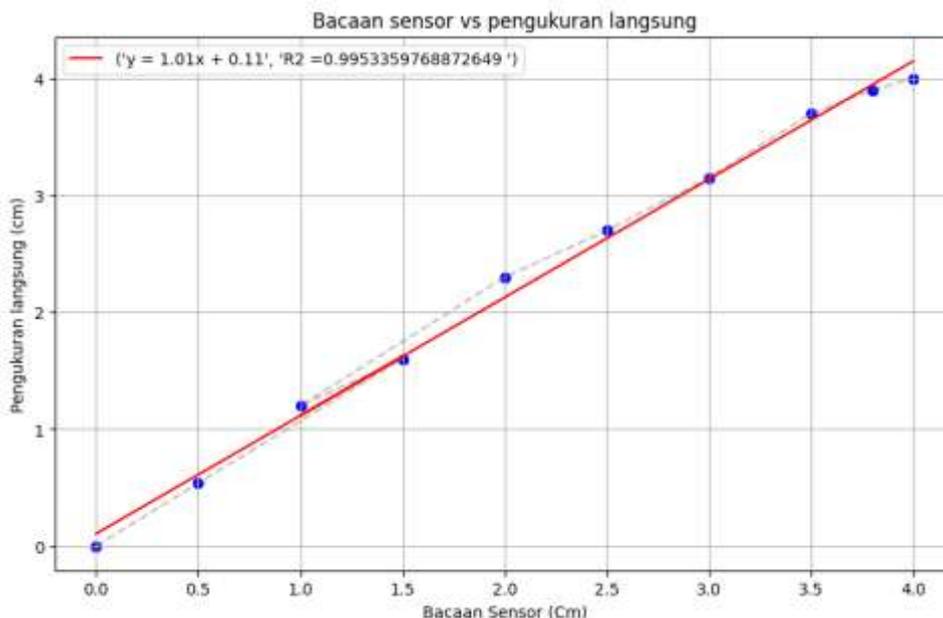


Gambar 6. Grafik Komparasi antara Hasil Bacaan Sensor TDS dan TDS Meter

Grafik di atas memiliki nilai persamaan  $y = 0.98x - 31,9$  dan  $R^2 = 0,9995$ . Terdapat selisih nilai 40 ppm antara hasil bacaan sensor TDS dan TDS meter. Karenanya, rentang kerja pada algoritma sensor berada pada rentang ideal 600-800 ppm.

#### *Water Level Sensor*

*Water level sensor* mendeteksi batas air kolam lele sehingga level air pada sistem berada tingkatan ideal. Pada **Gambar 9** di bawah ini, termuat perbandingan antara pengukuran langsung dan bacaan sensor.



Gambar 7. Perbandingan Bacaan Sensor dan Bacaan Langsung

Algoritma yang meregulasi kerja dari sensor ini adalah seperti yang tercantum pada

### Solenoid valve

Terdapat dua *solenoid valve* pada SMART Aquaponic System, yakni *valve-in* untuk mengatur aliran air masuk dan *valve-out* untuk mengatur aliran air keluar, guna mengontrol kadar TDS dan *water level* pada sistem. *Solenoid valve* pada SMART Aquaponic System bekerja dengan regulasi mode kerja sebagai tertampil pada **Tabel 1** di bawah ini:

Tabel 1 Mode Kerja dari *Solenoid Valve*

Mode Kerja		Kondisi (Parameter)
Valve-In	Valve-Out	
ON	ON	TDS > 800 ppm dan <i>water level</i> > 1 cm
OFF	ON	TDS < 600 ppm dan <i>water level</i> > 1 cm
OFF	OFF	600 ppm < TDS < 800 ppm dan <i>water level</i> < 1 cm

Algoritma yang meregulasi kerja dari valve sendiri adalah seperti yang tercantum pada .

### 4.2.4 Servo

Servo motor merupakan *actuator* element pada sistem yang bertujuan sebagai tangan untuk membuka-tutup *automatic fish feeder* yang akan terbuka selama setiap jam 07.00 WIB dan 16.00 WIB. Pergerakan servo motor tidak dipengaruhi oleh bacaan sensor dan diregulasi oleh kode sumber

### Sistem Smart Aquaponic

Smart Aquaponic Sistem yang telah direalisasikan memiliki 36 lubang tanam dengan media budidaya ikan yang berada di samping kiri serta *control box* yang melakukan kontrol otomatis pada sistem berada pada sisi samping.



Gambar 8. Realisasi sistem Smart Aquaponic Sistem; tampak atas (kiri) dan tampak samping (kanan)

Dengan water pump serta media filter air, air akan diinput menuju sistem melalui water pump. Kemudian, air akan mengalir menuju setiap media tanam hidroponik untuk memberikan pengairan serta nutrisi pada tanaman. Dengan kemiringan setiap media tanam hidroponik sebesar  $6^\circ$  sehingga meningkatkan waktu tinggal air pada tanaman dan meningkatkan penyerapan nutrisi tanaman.

### Kesimpulan

Dengan Smart Aquaponic Sistem akan memanfaatkan setiap keluaran dan komponen yang ada. Dimulai dari memanfaatkan konsep sederhana, petani akan dimudahkan dengan kemudahan dalam aplikasi sistem. Selanjutnya pemanfaatan air



kolam ikan sebagai suplai nutrisi bagi tanaman didasari oleh prinsip sirkular ekonomi dan potensi implementasi sistem dalam skala besar dengan memanfaatkan kelimpahan intensitas cahaya pada daerah plaju dan sekitar mampu dibangun stasiun pembangkit tenaga listrik berbasis surya sebagai suplai listrik pada sistem hidroponik yang bersifat masif di kemudian hari.

### Daftar Pustaka

- Gumelar, W. R. et al. (2017) 'Pengaruh Penggunaan Tiga Varietas Tanaman Pada Sistem Akuaponik Terhadap Konsentrasi Total Amonia Nitrogen Media Pemeliharaan Ikan Koi', *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, VIII(2), pp. 36–42.
- Hermina, H., & S, P. (2016). Gambaran Konsumsi Sayur dan Buah Penduduk Indonesia dalam Konteks Gizi Seimbang: Analisis Lanjut Survei Konsumsi Makanan Individu (SKMI) 2014. *Buletin Penelitian Kesehatan*, 44(3). <https://doi.org/10.22435/bpk.v44i3.5505.205-218>
- Ibrahim, L.A., Shaghaleh, H., El-Kassar, G.M., Abu-Hashim, M., Elsadek, E.A. and Alhaj Hamoud, Y. (2023). Aquaponics: A Sustainable Path to Food Sovereignty and Enhanced Water Use Efficiency. *Water*, [online] 15(24), p.4310. [doi:https://doi.org/10.3390/w15244310](https://doi.org/10.3390/w15244310).
- Indonesia, D. (n.d.). *Produksi Lele di Indonesia Sebanyak 1,06 Juta Ton pada 2021*. Dataindonesia.id. <https://dataindonesia.id/agribisnis-kehutanan/detail/produksi-lele-di-indonesia-sebanyak-106-juta-ton-pada-2021>
- Kloas, W., Groß, R., Baganz, D., Graupner, J., Monsees, H., Schmidt, U., Staaks, G., Suhl, J., Tschirner, M., Wittstock, B., Wuertz, S., Zikova, A., & Rennert, B. (2015). A new concept for aquaponic systems to improve sustainability, increase productivity, and reduce environmental impacts. *Aquaculture Environment Interactions*, 7(2), 179–192. <https://doi.org/10.3354/aei00146>
- Latasya, Z., Sara, I. D., & Syahrizal, S. (2019). Analisis Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Off-Grid Terpusat Dusun Ketubong Tunong Kecamatan Seunagan Timur Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 4(2).
- Lennard, & Ward. (2019). A Comparison of Plant Growth Rates between an NFT Hydroponic System and an NFT Aquaponic System. *Horticulturae*, 5(2), 27. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5020027>
- Love, D. C., Fry, J. P., Li, X., Hill, E. S., Genello, L., Semmens, K., & Thompson, R. E. (2015). Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture*, 435(0959-6526), 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.023>
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), 364–371. <https://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5>
- Tani, P. (2021, September 13). *Penyusutan Lahan Pertanian Setiap Tahunnya*. Pak Tani Digital. <https://paktanidigital.com/artikel/penyusutan-lahan-pertanian-setiap->

