

**SMART GREEN FLOATING:AQUAPONIK TERAPUNG BERBASIS *HAND MECHANICAL CLEANER* SEBAGAI AKTUALISASI KETAHANAN PANGAN DI PERKOTAAN**  
***Smart Green Floating: Floating Aquaponics Based on Hand Mechanical Cleaner As An Actualization Of Food Security In Urban***

Tiara Rosa Syaviqa dan Irwan Putro Ahadiyat  
Universitas Brawijaya

**ABSTRACT**

The condition of agricultural land in urban areas, especially the city of Jakarta, is increasingly worrying along with the increase of population. This problem certainly requires special attention so that agriculture in urban areas continues so that people's food needs can be met. Utilizing water land is one option that can be implemented in the midst of dense urban buildings. One of the waters that can be utilized is the Ciliwung River. The existence of the Ciliwung River has potential because it is the largest and longest river in the city of Jakarta, but its existence has not been managed well. This innovation can also be a strategy to optimize the potential of the Ciliwung River. *Smart Green Floating* is an implementation of the urban farming concept by combining floating rice cultivation and fisheries. The advantage of this agricultural concept is the minimal input of chemical fertilizers because rice gets its nutritional flow from fish waste. The *Smart Green Floating* concept is connected to an automatic Hand Mechanical Cleaner so that river water channeled in agriculture and fisheries is free from heavy metal contamination. The automation of this biofilter system uses IoT (Internet of Things) technology, which can be operated via a monitor screen located in the control building. This innovation will certainly be a solution to dealing with limited agricultural land in urban areas.

**Keywords:** Limited Land, Aquaponics, Urban Farming, Ciliwung River, Automatic Biofilter

**ABSTRAK**

Kondisi lahan pertanian di wilayah perkotaan terutama kota Jakarta semakin mengkhawatirkan seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Permasalahan tersebut tentunya memerlukan perhatian khusus agar pertanian di wilayah perkotaan tetap berlanjut sehingga kebutuhan pangan masyarakat pun dapat terpenuhi. Pemanfaatan lahan perairan menjadi salah satu opsi yang dapat diterapkan di tengah padatnya bangunan perkotaan. Salah satu lahan perairan yang dapat dimanfaatkan adalah Sungai Ciliwung. Keberadaan Sungai Ciliwung berpotensi karena sungai tersebut merupakan sungai terbesar dan terpanjang di wilayah kota Jakarta namun keberadaannya belum terkelola dengan baik. Adanya inovasi *Smart Green Floating* dapat menjadi salah satu strategi juga untuk mengoptimalkan potensi Sungai Ciliwung. *Smart Green Floating* merupakan implementasi dari konsep *urban farming* dengan menggabungkan budidaya pertanian padi dan perikanan secara terapung. Keunggulan yang dimiliki dari konsep pertanian ini yaitu minimnya input pupuk kimia karena padi mendapatkan aliran nutrisi dari kotoran ikan. Konsep *Smart Green Floating* terhubung dengan *Hand Mechanical Cleaner* otomatis sehingga air sungai yang dialirkan dalam pertanian dan perikanan bebas dari kontaminasi logam berat. Otomatisasi sistem biofilter ini menggunakan teknologi IoT (*Internet of Things*) yang dapat dioperasikan melalui layar monitor yang berada di dalam bangunan kendali. Inovasi ini tentunya akan menjadi solusi untuk menangani keterbatasan lahan pertanian di wilayah perkotaan.

**Kata kunci:** Keterbatasan Lahan, Aquaponik, Urban Farming, Sungai Ciliwung, Biofilter Otomatis

## PENDAHULUAN

Jakarta merupakan Ibu Kota Negara Indonesia yang dikenal sebagai wilayah megapolitan. Sebutan wilayah megapolitan melekat pada kota Jakarta karena wilayah ini memiliki jumlah penduduk terpadat di dunia dan setiap tahunnya selalu meningkat. Peningkatan penduduk disebabkan oleh beragam faktor, seperti tingkat angka kelahiran yang semakin tinggi. Hal ini didukung oleh angka kelahiran di wilayah Jakarta pada tahun 2021 yang mencapai 132.350 jiwa (BPS, 2021). Selain angka kelahiran yang tinggi, maraknya fenomena urbanisasi juga menyebabkan tingginya jumlah penduduk di wilayah Jakarta. Menurut Bendri (2022), fenomena urbanisasi merupakan perpindahan penduduk dari luar daerah perkotaan menuju ke daerah perkotaan untuk meningkatkan taraf perekonomian. Adanya fenomena tersebut menyebabkan penduduk di wilayah Jakarta selalu meningkat. Berdasarkan data BPS (2022), jumlah penduduk Kota Jakarta pada tahun 2021 mencapai 10.644.766 juta jiwa dan meningkat pada tahun 2022 hingga mencapai 10.748.230 juta jiwa. Pesatnya pertumbuhan penduduk di Kota Jakarta tentu akan menyebabkan terbatasnya ketersediaan lahan pertanian, sebab sebagian besar lahan dimanfaatkan untuk lahan permukiman, komersial, dan industri. Hal ini sejalan dengan pernyataan Harahap (2021) bahwa Kota Jakarta merupakan pusat perekonomian, industri, perdagangan, dan pembangunan strategis nasional sehingga menjadi daya tarik masyarakat dari berbagai daerah untuk menetap di Jakarta atau disebut sebagai urbanisasi.

Keterbatasan luasan lahan pertanian yang terjadi di wilayah Jakarta tentu akan berdampak terhadap permasalahan pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat. Badan Pusat Statistik melaporkan bahwa terjadi penurunan produksi padi di wilayah Jakarta. Pada tahun 2021 produksi padi di wilayah Jakarta mampu mencapai 3.249 ton, sedangkan pada tahun 2022 hanya mencapai 2.741 ton (BPS, 2022). Berdasarkan data BPS (2021), dari total luas lahan pertanian yang ada di wilayah Jakarta, hanya terdapat di tiga wilayah yakni Jakarta Utara dengan persentase luasan 71%, Jakarta Barat 16% dan Jakarta Timur 13%. Selain wilayah tersebut, wilayah lainnya seperti Kepulauan Seribu, Jakarta Selatan, dan Jakarta Pusat tidak memiliki lahan pertanian. Wilayah yang terdeteksi masih memiliki lahan pertanian dengan luasan terbesar di Jakarta, adalah wilayah Jakarta Utara. Berdasarkan data BPS (2021), wilayah Jakarta Utara memiliki luas panen padi terbesar yaitu seluas 498,09 hektare. Walaupun daerah Jakarta Utara dinobatkan sebagai daerah dengan luasan lahan pertanian terbesar namun produktivitas padi di wilayah tersebut tergolong rendah yaitu hanya 59,48 kuintal/Ha. Tentunya hal ini akan mempengaruhi dalam pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat Jakarta. Berdasarkan data BPS (2020), kebutuhan beras di Jakarta pada tahun 2019 mencapai lebih dari 950 ribu ton dan Jakarta hanya mampu memenuhinya sebesar 1.969,64 ton.

Penurunan produksi padi akan menjadi permasalahan serius apabila tidak segera ditangani sehingga perlu adanya solusi untuk menopang kebutuhan pangan masyarakat Jakarta. Solusi yang selama ini dilakukan pemerintah daerah adalah dengan menyuplai bahan pangan dari luar wilayah Kota Jakarta. Namun, hal tersebut menyebabkan harga bahan pangan yang ada di Kota Jakarta menjadi lebih tinggi karena adanya biaya distribusi atau biaya pengiriman (Sulaiman *et al.*, 2018). Melihat kondisi pertanian di daerah perkotaan, khususnya Kota Jakarta, masih memerlukan adanya rancangan kebijakan yang komprehensif untuk keberlanjutan pangan di daerah Kota Jakarta. Sehingga diperlukan solusi yang lebih efektif

untuk dapat menyelesaikan permasalahan secara optimal. Oleh karena itu, untuk menjawab permasalahan tersebut diciptakanlah inovasi cerdas berupa *Smart Green Floating*.

Konsep *Smart Green Floating* menjadi solusi cerdas untuk mencapai ketahanan pangan di wilayah perkotaan seperti Kota Jakarta. Inovasi ini sekaligus menjawab permasalahan keterbatasan lahan di Kota Jakarta, sebab *Smart Green Floating* memanfaatkan lahan perairan seperti Sungai Ciliwung untuk area budidaya pertanian dan perikanan yang dibangun secara terapung. Penggabungan konsep pertanian dan perikanan terapung yang diterapkan dalam *Smart Green Floating* merupakan bentuk implementasi dari sistem aquaponik. Perbedaannya, hanya terletak pada skala penerapan yang lebih luas. Apabila aquaponik umumnya hanya diterapkan dalam skala kecil dengan menggunakan pipa atau wadah sederhana. Namun, *Smart Green Floating* memiliki skala penerapan yang lebih besar yaitu dibangun secara terapung pada Sungai Ciliwung. Keunggulan dari sistem aquaponik adalah kotoran ikan dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik yang baik bagi pertumbuhan tanaman dan produk yang dihasilkan merupakan produk organik karena hanya menggunakan pupuk dari kotoran ikan yang telah melalui proses biologis (Pustpitasari *et al*, 2020). Kelebihan sistem budidaya aquaponik anatara lain dapat menghasilkan dua produk sekaligus dalam satu kali produksi, menghemat lahan, mengoptimalkan pengelolaan air dan menghasilkan produk pertanian organik (Wardani, 2022).

Keberadaan Sungai Ciliwung sangat berpotensi sebab Sungai Ciliwung merupakan sungai terbesar dan terpanjang yang mengalir di wilayah Jakarta. Menurut Anggreani (2020), Sungai Ciliwung memiliki panjang ±120 km dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) mencapai 387 km<sup>2</sup>. Namun keberadaan Sungai Ciliwung belum terkelola dengan baik. Sungai Ciliwung mengalir melintasi tengah kota Jakarta, berbagai perkampungan, perumahan padat, serta pemukiman-pemukiman kumuh. Hal itu menyebabkan sungai tersebut menjadi tempat pembuangan berbagai jenis sampah dan limbah, seperti plastik, sisa makanan, limbah rumah tangga, dan jenis limbah lainnya yang dapat mencemari sungai. Yudo dan Said (2018) menyatakan bahwa Sungai Ciliwung kerap kali digunakan menjadi tempat pembuangan limbah industri maupun rumah tangga. Menurut Astuti (2016), adanya aktivitas buangan limbah industri yang masuk ke sungai Ciliwung menyebabkan Nilai pH air sungai menjadi lebih tinggi dari air normal pada umumnya, yaitu 7,5 dan 8. Sehingga dengan adanya inovasi *Smart Green Floating* dapat menjadi inovasi untuk mengoptimalkan potensi Sungai Ciliwung.

Konsep *Smart Green Floating* dilengkapi dengan *Hand Mechanical Cleaner* otomatis yang terhubung teknologi IoT (*Internet of Things*). *Hand Mechanical Cleaner* adalah fitur mesin pembersih otomatis yang dilengkapi sistem IoT untuk menahan sampah yang mengalir dan menguraikan zat-zat pencemar berupa logam berat. Terdapat dua situasi di mana alat tersebut dapat bekerja, yaitu pertama ketika sampah tersebut telah menumpuk dengan batas tertentu, maka *Hand Mechanical Cleaner* akan mengarahkan sampah ke pinggir sungai. Kedua, pada saat sistem *Smart Green Floating* akan menyerap air sungai untuk pergantian air pada keramba ikan dan sawah terapung, maka *Hand Mechanical Cleaner* akan mengarahkan sampah ke pinggir sungai sehingga air yang masuk bersih dari sampah. Air yang bebas dari hambatan sampah, kemudian air dapat dialirkan menuju pipa biofiltrasi. Pada pipa tersebut, air akan diolah menjadi air yang bebas dari kontaminan logam berat seperti Cd, Hg, dan Pb. Proses pengolahan air dari pencemaran logam berat disebut dengan sistem biofiltrasi. Menurut Lestari (2022), sistem biofilter merupakan metode pengolahan limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme yang dapat mereduksi kandungan senyawa - senyawa anorganik pada limbah tersebut. Sistem biofilter yang diterapkan pada konsep *Smart Green*

*Floating* dapat bekerja secara otomatis karena terhubung dengan teknologi IoT (*Internet of Things*). Kegunaan dari *Hand Mechanical Cleaner* ini yaitu untuk menyaring sampah dan menguraikan kontaminan logam berat dari air sungai. Jenis logam pencemaran yang teridentifikasi di Sungai Ciliwung adalah logam berat yaitu Cd, Hg dan Pb (Aksari, 2015). Keunggulan yang dimiliki dari konsep pertanian-perikanan terapung ini yaitu minimnya input pupuk anorganik karena nutrisi tanaman padi dapat diperoleh dari kotoran ikan yang dibudidayakan.

Penerapan IoT (*Internet of Things*) pada konsep *Smart Green Floating* dapat memberikan beberapa kemudahan, seperti mengontrol sistem biofilter otomatis, menggerakkan *Hand Mechanical Cleaner*, mengontrol kondisi kualitas pH air, mengontrol ketinggian keramba ikan dan media apung padi saat terjadi banjir, serta bangunan pemecah arus air sungai secara otomatis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Makruf (2019), teknologi IoT (*Internet of Things*) umumnya digunakan untuk monitoring pada tanaman hidroponik dengan memanfaatkan sensor menjaga kondisi temperatur, suhu, pH dan kelembaban serta solenoid valve untuk mengatur manajemen air. Penerapan IoT (*Internet of Things*), lainnya juga dapat ditemui pada penelitian yang dilakukan oleh Megawati (2020) yakni pada sistem budidaya akuaponik. Pada penelitian tersebut, teknologi IoT berperan penting dalam mengatur kadar keasaman dan suhu air. Kegiatan monitoring terhadap kadar keasaman dan suhu air dapat dilakukan dengan menggunakan sensor pH dan suhu berbasis IoT (*Internet of Things*) dengan menggunakan Arduino Uno sebagai pengontrol mikropengendali. Berdasarkan penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa penggunaan teknologi IoT (*Internet of Things*) telah mempermudah dalam kegiatan budidaya yang awalnya hanya dapat dikontrol secara manual menjadi lebih praktis dengan kegiatan monitoring secara otomatis. Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, maka tujuan penulisan dari karya tulis ini adalah mengoptimalkan produktivitas padi dengan memanfaatkan lahan perairan yang belum terkelola secara baik untuk menciptakan pertanian berlanjut dan ketahanan pangan di wilayah perkotaan. Adanya implementasi konsep pertanian-perikanan terapung diharapkan dapat menciptakan keberlanjutan sistem pertanian di wilayah perkotaan.

## METODE PENELITIAN

Karya tulis ini disusun menggunakan teknik kualitatif, di mana kegiatan penelitian bersifat deskriptif dan menekankan pada proses atau tahapan - tahapan di lapangan. Menurut Putra (2016), penelitian deskriptif merupakan metode penelitian yang menampilkan detail suatu kondisi berdasarkan data yang diperoleh. Pada penelitian deskriptif juga menyajikan data, menganalisis data, dan menginterpretasi. Penelitian deskriptif dilaksanakan dengan mengacu pada landasan teori sehingga kegiatan penelitian dapat terarah sesuai dengan fakta yang terdapat di lapangan. Selain itu, landasan teori juga berfungsi dalam penjelasan mekanisme kerja dari *Smart Green Floating* dalam kegiatan budidaya perikanan dan pertanian padi secara terapung yang terintegrasi dengan teknologi IoT (*Internet of Things*) sehingga *Hand Mechanical Cleaner* ini dapat bekerja secara otomatis.

Karya tulis ilmiah ini terdiri dari beberapa tahapan penulisan yang bertujuan untuk menggali informasi dan data-data tertentu menggunakan metode *design thinking*. Menurut Ayu dan Wijaya (2023), metode *design thinking* ialah metode yang digunakan untuk menggali informasi dan ide sistematis untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat. Contohnya penanaman, perawatan tanaman, kesesuaian media tanam, hingga kualitas produk pertanian

dan perikanan yang dihasilkan dan potensi pengembangan. Tahapan-tahapan tersebut diantaranya ialah

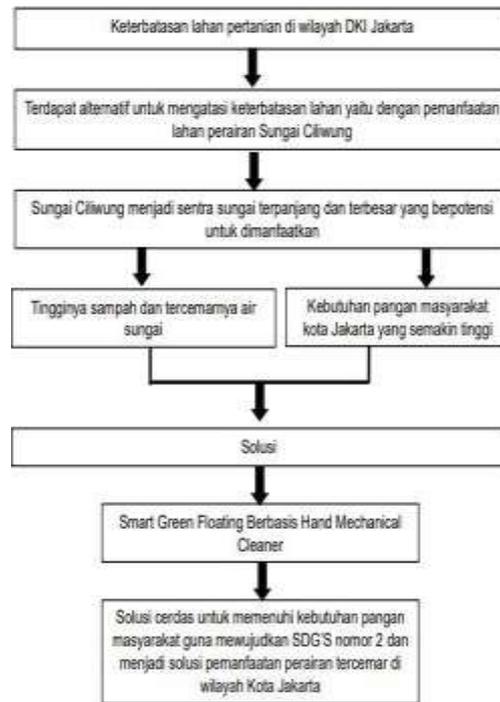
- a) *Emphatize*, yaitu mengamati permasalahan yaitu perlunya inovasi dalam mengatasi keterbatasan lahan untuk kemandirian pangan.
- b) *Define*, yaitu terdapat wilayah di Indonesia yang mengalami keterbatasan lahan karena mengalami peningkatan jumlah penduduk pada setiap tahunnya.
- c) *Ideate*, yaitu menggagas ide kreatif yaitu *Smart Green Floating* yang berbasis *Hand Mechanical Cleaner* untuk mengoptimalkan sungai ciliwung untuk lahan pertanian sebagai sentra produksi pangan di Jakarta serta menyelesaikan permasalahan pada tahapan *emphatize* dan *define*.
- d) *Protototype*, yaitu menetapkan teknik pengumpulan data dan mengadakan analisis pustaka
- e) *Test*, yaitu menyusun saran dan rekomendasi untuk evaluasi gagasan inovatif *Smart Green Floating*.

### **Teknik Pengumpulan dan Jenis Data**

Pengumpulan data dalam penulisan karya ini menggunakan teknik studi literatur. Kegiatan studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan data - data dan informasi terkait mengenai kegiatan perikanan dan pertanian terapung, serta penggunaan berbagai alat sensorik melalui publikasi buku, jurnal, maupun media cetak atau halaman resmi sehingga mendapatkan landasan teori yang tepat untuk menjalankan *Smart Green Floating*. Data yang digunakan dalam karya tulis ini merupakan data sekunder dan data pendukung lainnya yang berasal dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu, penggunaan data dari jurnal ilmiah yang telah melalui proses peer-review menjamin kualitas dan validitas informasi yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan demikian, metode studi literatur menjadi landasan yang kuat untuk mendukung argumentasi dan temuan dalam penelitian ini.

### **Teknik Analisis Data**

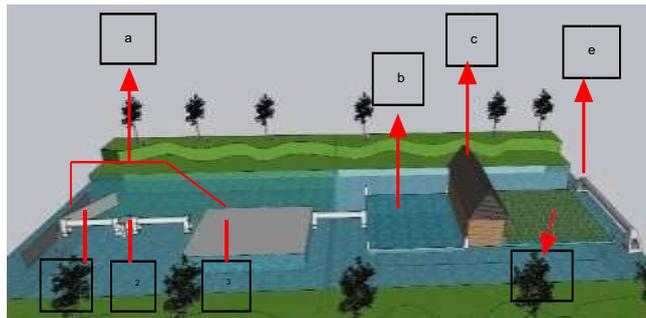
Kegiatan analisis data dilakukan dengan menyatukan dan mengkaji ulang berbagai informasi dan data yang diperoleh dari berbagai sumber. Kegiatan tersebut akan menghasilkan suatu kesimpulan yang dapat menjadi dasar dalam menjalankan *Smart Green Floating*. Selanjutnya dilakukan perbandingan dan analisis mengenai data hasil *Smart Green Floating* dengan data kegiatan budidaya secara konvensional sehingga akan menghasilkan informasi berbagai kelebihan maupun kekurangan dari *Smart Green Floating*. Hal tersebut dapat menjadi bahan kajian dan evaluasi sehingga *Smart Green Floating* dapat menghasilkan keuntungan yang optimal serta membantu mengatasi permasalahan produksi padi pada wilayah perkotaan yang memiliki keterbatasan lahan budidaya. Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam melakukan analisis data yaitu meninjau latar belakang permasalahan untuk mengumpulkan informasi dan teori yang digunakan dalam penelitian, merangkai dugaan atau hipotesis penelitian sebagai asumsi solusi yang ditawarkan, mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan gambaran umum permasalahan, mengolah data yang telah didapatkan, menentukan peluang dan solusi yang tepat dari permasalahan tersebut; dan membuat rancangan atau desain konsep *Smart Green Floating*. Berikut merupakan kerangka berpikir yang digunakan dalam *Smart Green Floating*.



Gambar 1. Kerangka Berpikir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konsep dan Rancangan



Gambar 2. Konsep dan Rancangan *Smart Green Floating*

*Smart Green Floating* merupakan sistem integrasi pertanian dan perikanan atau aquaponik secara terapung yang dapat diterapkan di wilayah perairan Sungai Ciliwung. Penerapan konsep *Smart Green Floating* memanfaatkan kemajuan teknologi yakni IoT (*Internet of Things*) guna mengontrol sistem kerja dari *Hand Mechanical Cleaner*. Kegunaan *Hand Mechanical Cleaner* pada *Smart Green Floating* adalah untuk menyaring sampah dan menetralkan tingkat pH air pada Sungai Ciliwung agar sesuai untuk syarat media pertumbuhan tanaman padi dan budidaya ikan nila. Terdapat beberapa komponen penyusun dari konsep *Smart Green Floating*, yakni *Hand Mechanical Cleaner*, bangunan pemecah arus, bangunan kendali, keramba ikan, sawah padi terapung, dan bangunan kendali. Setiap komponen dirancang dengan tujuan tertentu. Adapun penjabaran dari setiap komponen yaitu sebagai berikut.

#### A). *Hand Mechanical Cleaner*

*Hand Mechanical Cleaner* memiliki 3 bagian yaitu pipa penyaring sampah yang terletak padabagian depan, sistem biofilter dan wadah penampung. Pada pipa penyaring sampah

berfungsi untuk menahan sampah yang mengalir pada sungai sehingga tidak akan mengganggu *Smart Green Floating* (Gambar 2a<sub>1</sub>). Sistem kerja alat ini dibedakan menjadi dua berdasarkan situasinya, yaitu pada saat sensor telah mendeteksi bahwa sampah telah menumpuk pada batas tertentu, kemudian alat ini akan mengarahkan sampah tersebut menuju pinggir sungai. Situasi kedua ialah pada saat pusat kendali memberikan instruksi untuk mengganti air pada keramba dan sawah, maka *Hand Mechanical Cleaner* akan mengarahkan sampah yang tertahan menuju ke pinggir sungai. Proses Bergeraknya alat tersebut disebabkan oleh adanya motor penggerak. Motor penggerak tersebut menerapkan gaya mekanik sehingga akan mendapat efek gerakan pada suatu bagian yang diam dan ditenagai oleh energi listrik (Meidiansyah, 2016). Ketika terjadi pemadaman listrik, maka terdapat generator yang akan memberikan energi pada *Smart Green Floating*. Dengan begitu air yang masuk pada biofilter akan bersih dari sampah. Air yang telah bersih dari sampah, selanjutnya akan masuk ke tahapan penguraian logam berat. Tahapan ini terjadi pada sistem biofilter (Gambar 2a<sub>2</sub>). Tahapan awal dari mekanisme kerja sistem biofilter air akan disalurkan biofilter yang memiliki media berupa bio-ball. Media yang digunakan dalam biofilter yaitu bioball yang berfungsi sebagai tempat hidup mikroorganisme yang dapat memfilter kontaminan dalam air (Filiazati, 2013). Bio-ball dapat membentuk biofilm yang menjadi tempat nutrisi untuk pertumbuhan populasi mikroorganisme (Wulandari, 2011).

Media biofilter yang membentuk biofilm mengandung mikroorganisme mengandung bakteri dan fungi yang akan menguraikan zat-zat pencemar yang terdapat pada air sungai. Proses penguraian zat-zat tercemar dengan bantuan mikroorganisme dikenal dengan istilah biodegradasi. Biodegradasi merupakan suatu proses alami yang dapat mentransformasikan bahan pencemar bermolekul besar (kompleks) menjadi bentuk sederhana (Fidiastuti, 2022). Air yang telah terdegradasi selanjutnya akan keluar dari media biofilter dan melewati saringan mekanis tambahan untuk memfilter kembali partikel kecil yang masih ada. Setelah melalui tahapan filtrasi tersebut, maka air akan ditampung dalam wadah penampung (Gambar 2a<sub>3</sub>). Pada wadah tersebut akan di deteksi kandungan pH pada air. Setelah air bebas dari sampah, logam berat, dan memiliki pH yang sesuai maka air tersebut dapat didistribusikan melalui pipa penyalur air bersih menuju ke area pertanian dan perikanan terapung yang terdapat pada konsep rancangan *Smart Green Floating*.



Gambar 3. *Hand Mechanical Cleaner*

#### B). Keramba Ikan

Keramba ikan merupakan tempat budidaya ikan yang terbuat dari jaring yang diikatkan pada pelampung sehingga dapat terapung di dalam air. Keramba ikan didesain memiliki penutup pada sisi sisi samping dan bawahnya. Tujuannya agar air bersih yang telah tersaring oleh *Hand Mechanical Cleaner*, tidak tercampur dengan air sungai yang belum mengalami proses penyaringan. Keramba ikan yang digunakan memiliki ukuran 10 × 10 m. Keramba ikan tersebut memiliki tiang pada setiap sudutnya yang berfungsi sebagai penopang serta mengatur

ketinggian permukaan jaring dan pelampung keramba sehingga dapat menyesuaikan dengan ketinggian air pada sungai yang dimanfaatkan sebagai tempat budidaya. Menurut Wardani (2022), keramba jaring apung atau KJA merupakan sistem teknologi budidaya jaring yang berbentuk segi empat silindris dan diapungkan dengan bantuan pelampung dan sebagai tempat pemeliharaan ikan yang memungkinkan keluar masuk air dengan leluasa sehingga terjadi pertukaran ke perairan sekitarnya. Dengan KJA pertumbuhan akan lebih mudah dipantau dengan jelas, sehingga memudahkan untuk mengukur seberapa lama ikan akan dipanen.

Ikan yang dibudidayakan dalam keramba tersebut berupa ikan nila yang memiliki nilai ekonomis tinggi serta kemampuan adaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan dengan baik. Menurut Monalisa (2013), ikan nila terkenal sebagai ikan yang sangat tahan terhadap perubahan lingkungan hidup dan memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai jenis air. Ikan nila juga memiliki laju pertumbuhan yang cepat dan memiliki toleransi tinggi terhadap stress yang disebabkan oleh lingkungan atau habitatnya (Mahalina, 2016). Ikan nila juga memiliki beberapa kelebihan seperti mampu mencerna makanan secara efisien, memiliki pertumbuhan yang cepat serta lebih resisten terhadap penyakit, daya adaptasi luas dan toleransinya yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan, sehingga ikan ini selain di air tawar, sangat cocok pula dikembangkan di perairan payau maupun perairan air laut dengan kisaran salinitas 0–40 ppt (Djunaedi, 2016). Berdasarkan pendapat lainnya, ikan nila dapat hidup di perairan yang dalam dan luas maupun di kolam yang sempit dan dangkal, nila juga dapat hidup di sungai, waduk, danau, rawa, sawah, tambak air payau, atau di dalam jaring terapung di laut (Monalisa, 2013). Sehingga dapat diketahui bahwa ikan nila juga dapat beradaptasi dengan baik pada perairan Sungai Ciliwung.



Gambar 4. Keramba Ikan

### C). Bangunan kendali

Bangunan kendali merupakan bangunan yang berada di antara keramba ikan dan sawah terapung. Bangunan kendali ini memiliki pilar penyangga berupa beton yang tertancap kuat pada dasar sungai sehingga bangunan kendali tidak mudah terbawa arus sungai. Bangunan tersebut dapat berfungsi sebagai tempat melakukan kegiatan perawatan seperti pemberian pakan ikan hingga pengontrolan kondisi tanaman padi. Pada bagian bangunan kendali terdapat beberapa alat yaitu tabung larutan pH *up* dan pH *down*, pompa larutan pH *up* dan pH *down*, perangkat komputer yang terhubung dengan arduino uno, dan sistem biofilter untuk memfilter kotoran ikan.

Pada bagian bangunan kendali terdapat tabung yang berisi larutan pH *up* dan pH *down* yang terhubung dengan pompa. Adapun fungsi dari pompa tersebut yaitu memompa larutan pH *up* dan pH *down* untuk menyesuaikan keasaman larutan berdasarkan pH referensi yang telah diatur pada Arduino uno. Sehingga dilakukan pemberian pH *up* dan pH *down* apabila pH tidak

sesuai dengan syarat tumbuh padi. Larutan pH *down* yang umumnya digunakan yaitu  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ , dan  $H_3PO_4$ . Sedangkan untuk larutan pH *up* yang digunakan dapat berupa  $NaOH$ . Larutan dapat dinetralkan hingga mencapai kriteria pH netral yaitu 6,5 – 7 sehingga sesuai untuk digunakan dalam budidaya tanaman padi dan ikan nila.

Bangunan kendali juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan komponen utama seperti komputer yang berfungsi untuk memonitoring data pH dan pergerakan dari *Hand Mechanical Cleaner*. Pada bangunan pengendali juga terdapat generator yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik cadangan untuk *Smart Green Floating* ketika terjadi pemadaman listrik di wilayah tersebut.



Gambar 5. Bangunan Kendali

#### D). Sawah padi terapung

Sawah padi terapung merupakan tempat budidaya tanaman padi dengan memanfaatkan lahan perairan. Sawah padi terapung juga didesain seperti keramba ikan dimana sawah padi terapung memiliki penutup pada bagian samping dan bawah. Tujuannya agar air bersih yang telah tersaring oleh *Hand Mechanical Cleaner*, tidak tercampur dengan air sungai yang belum mengalami proses penyaringan. Sawah terapung memiliki tiang penyangga pada setiap ujungnya. Tiang penyangga tersebut berfungsi sebagai penopang agar sawah terapung tetap stabil walaupun terkena arus sungai yang sewaktu-waktu berubah. Sawah terapung yang akan dibangun memiliki ukuran  $10 \times 10$  m dan menggunakan bahan *styrofoam* tebal yang dilubangi berbentuk 11 lingkaran dengan diameter 10 cm. Panjang dan lebar antar lubang pada *styrofoam* tersebut yaitu 25 cm. Lubang tersebut berfungsi sebagai tempat peletakan bibit padi yang akan ditanam pada media terapung. Bibit padi diletakkan dalam wadah berupa *netpot* sehingga perakaran tanaman padi dapat langsung mengenai air sungai. Perakaran bibit padi yang langsung mengenai perairan tersebut akan mampu untuk menyerap nutrisi berupa kandungan nitrat dari kotoran ikan.

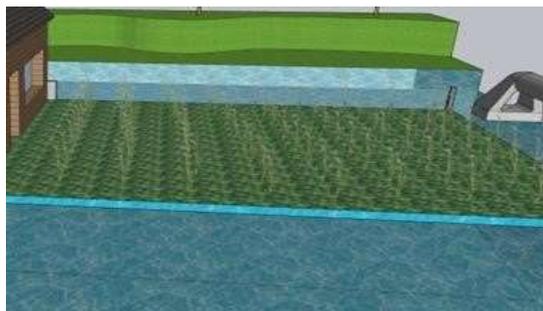
Bibit padi yang digunakan pada sistem pertanian secara terapung ini merupakan tanaman padi dengan varietas Inpari 30 yang memiliki kemampuan adaptasi tinggi terhadap genangan air. Menurut Nurlaili (2020), varietas unggul baru dengan nama Inpari 30 menjadi varietas unggul di mana salah satu kelebihan yang dimilikinya adalah tahan terhadap rendaman. Walaupun direndam selama 5 hari, bibit masih dapat bertahan hidup selama periode pemulihan (Sulaiman, 2016). Menurut Ismail (2013), varietas padi Inpari 30 juga termasuk varietas yang memiliki laju pertumbuhan sangat bagus, sehingga diharapkan dapat menunjang produksi yang tinggi dengan keadaan perubahan iklim yang ekstrim terutama resiko akibat banjir dan genangan.

Varietas inpari 30 dapat tumbuh lebih cepat dalam cekaman perendaman. Berdasarkan pernyataan Nurlali (2020) varietas inpari 30 lebih banyak ditanam dalam kondisi cekaman perendaman yang tinggi karena kerja akar dari varietas inpari 30 dapat tumbuh lebih cepat

untuk mencari oksigen. Sehingga, dapat diketahui bahwa varietas inpari 30 merupakan varietas unggul yang sesuai untuk digunakan dalam konsep *Smart Green Floating*.

Penggunaan ikan dalam *Smart Green Floating* sangat bermanfaat bagi keberlangsungan hidup tanaman padi. Sebab, ikan akan menghasilkan kotoran ikan dimana kotoran tersebut akan bermanfaat sebagai kandungan nutrisi bagi tanaman padi. Selain itu, dengan adanya kotoran ikan maka dapat menjadi alternatif suplai nutrisi organik untuk tanaman padi. Pada umumnya, tanaman padi yang di tanam secara konvensional memerlukan pemupukan dengan pupuk seperti pupuk NPK maupun urea dalam skala yang besar. Berdasarkan Kementerian Perindustrian yang menggunakan data Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia (APPI) bahwa pada tahun 2018 pemakaian jenis pupuk NPK naik 7,88% dari 2,60 juta ton menjadi 2,80 juta ton. Jumlah tersebut tentunya bukan angka yang kecil untuk ukuran penggunaan pupuk. Tentunya, penggunaan pupuk dalam dosis berlebih akan menjadi dampak negatif tersendiri bagi tanaman. Penggunaan pupuk tersebut juga merupakan hal yang penting dalam rangka memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman padi. Menurut Nuranggraeni (2021), pertumbuhan tanaman padi sangat berkaitan erat dengan pemberian pupuk karena pupuk mengandung unsur hara yang menjadi kunci dari hasil produksi tanaman padi maksimal. Namun, dengan adanya sistem aquaponik yaitu dengan memanfaatkan kotoran ikan diharapkan mampu untuk meminimalisir penggunaan pupuk kimia atau anorganik dalam jumlah yang berlebih.

Kotoran ikan mengandung zat amonia. Namun, zat tersebut akan bersifat racun apabila langsung diserap oleh tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Habiburrohman (2018), dimana amonia dalam air limbah perikanan tersebut diubah menjadi nitrit dan nitrat oleh mikrobial yang ada dalam media hidroponik, kemudian diserap oleh tanaman sebagai hara. Berdasarkan pernyataan Yulianyahya (2022), amonia merupakan salah satu limbah yang berasal dari sisa metabolisme ikan yang terlarut dalam air berupa feses dan sisa makanan ikan yang tidak termakan dan mengendap di dasar kolam budidaya. Ikan mengeluarkan 80-90% amonia (nanorganik) melalui proses osmoregulasi, sedangkan dari feses urine sekitar 10-20% dari total nitrogen. Sehingga pada konsep *Smart Green Floating*, kandungan amonia akan diubah terlebih dahulu melalui adanya biofilter yang terdapat pada bangunan pengendali. Biofilter tersebut berperan untuk menjadi tempat bagi bakteri nitrifikasi. Pada biofilter tersebut, amonia yang dihasilkan oleh kotoran ikan akan diubah menjadi nitrat yang dapat digunakan oleh tanaman.



Gambar 6. Sawah Padi Terapung

#### E). Bangunan Pemecah Arus

Bangunan pemecah arus merupakan bangunan yang terbuat dari beton dengan  $10 \times 2$  m yang berada pada bagian ujung dari *Smart Green Floating*. Bangunan pemecah arus berfungsi untuk memecah aliran arus sungai yang sewaktu-waktu dapat berubah karena faktor cuaca seperti hujan lebat. Sungai Ciliwung mempunyai debit air maksimum mencapai

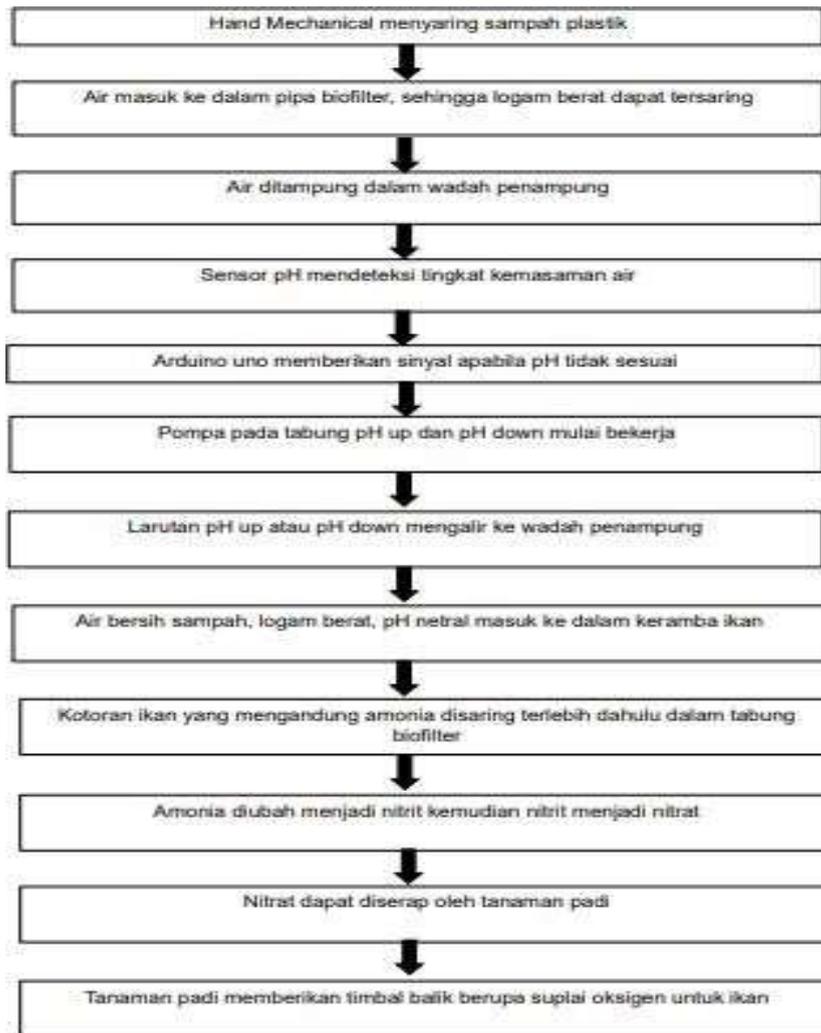
76,62 m<sup>3</sup>/detik sehingga dapat mengganggu kinerja teknologi. Oleh karena itu ketika arus sungai terlalu kuat, maka bangunan pemecah arus akan turun sesuai dengan permukaan air dan menghadang arus. Adanya bangunan pemecah arus, dapat berperan untuk melindungi komponen-komponen dalam *Smart Green Floating* agar terlindungi dari hantaman arus air di Sungai Ciliwung. tidak mengganggu stabilitas bangunan serta kehidupan ikan dan tanaman yang ada. Sungai Ciliwung mempunyai debit air maksimum mencapai 76,62 m<sup>3</sup>/detik sehingga dapat mengganggu kinerja teknologi. Tingginya arus sungai tersebut disebabkan oleh banyaknya jumlah curah hujan dan terjadinya banjir pada Sungai Ciliwung (Hidayati, 2023). Oleh karena itu ketika arus sungai terlalu kuat, maka bangunan pemecah arus akan turun sesuai dengan permukaan air dan menghadang arus. Dengan begitu arus yang kencang tidak mempengaruhi *Smart Agrofloating*, terutama pada saat banjir terjadi



Gambar 7. Bangunan Pemecah Arus

### **Mekanisme Kerja *Smart Green Floating***

*Smart Green Floating* menjadi inovasi cerdas yang dapat diterapkan di daerah perkotaan khususnya wilayah Kota Jakarta. *Smart Green Floating* memanfaatkan lahan perairan yakni Sungai Ciliwung, sebagai lahan budidaya tanaman padi dan ikan yang terintegrasi dengan IoT (*Internet of Things*). Mekanisme kerja dari *Smart Green Floating* yaitu konsep pertanian-perikanan ini dapat bekerja secara otomatis. Berikut merupakan ringkasan alur dari mekanisme kerja *Smart Green Floating*.



Gambar 8. Mekanisme Kerja *Smart Green Floating*

Tahapan yang pertama, yaitu ketika sistem dihidupkan yakni dengan menekan tombol power pada layar monitor, maka motor penggerak dari *Hand Mechanical Cleaner* akan secara otomatis bekerja. *Hand Mechanical Cleaner* akan menyaring sampah yang masuk dan menyebabkan sampah tersebut bergerak ke tepi sungai. Setelah itu, air akan mengalir ke dalam saluran pipa biofiltrasi untuk dilakukan penyaringan terhadap kandungan logam berat seperti Pb, Hg, dan Zn. Air yang telah bebas dari kontaminan logam berat, maka selanjutnya akan dialirkan menuju wadah penampung. Pada wadah penampung tersebut terdapat sensor pH untuk mendeteksi tingkat keasaman air. Alat sensor akan melakukan *scanning* terhadap kondisi air di sekitarnya. Hasil *scanning* akan dikirimkan oleh *Arduino Uno* dan diteruskan ke layar komputer. Jika hasil *scan* menunjukkan bahwa air berada dalam kondisi yang tidak sesuai untuk kebutuhan ikan nila dan padi yang dibudidayakan (pH air terlalu asam atau basa) maka dapat dilakukan pemberian pH up dan pH down untuk menetralkan air. Aliran pH up ataupun pH down tersebut juga terjadi secara otomatis dimana ketika *Arduino Uno* telah memberikan sinyal ke dalam layar monitor, maka pompa penggerak dalam tabung pH up maupun pH down akan bekerja. Larutan pH up dan pH down tersebut kemudian akan dialirkan melalui pipa ke dalam wadah penampung. Setelah air dalam wadah penampung menjadi netral, maka air tersebut dapat dialirkan ke dalam keramba ikan. Pada keramba ikan, air telah memiliki kondisi yang sesuai untuk habitat dari ikan nila dimana air telah bebas dari sampah, logam-logam berat, dan memiliki pH yang sesuai. Kemudian, ikan

akan menghasilkan kotoran dimana kotoran tersebut mengandung nitrat yang nantinya akan dapat dimanfaatkan tanaman padi untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Sebelum nitrat tersebut dialirkan ke sawah padi terapung, maka kotoran ikan akan diendapkan dulu menuju tabung biofilter yang ada pada bangunan pengendali. Tabung biofilter akan mengubah kandungan amonia yang umumnya dapat bersifat racun apabila langsung terserap oleh tanaman padi. Sehingga kandungan amonia tersebut diubah terlebih dahulu menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi yang terdapat dalam tabung biofilter. Setelah itu, maka kotoran ikan tersebut dapat dialirkan ke sawah padi terapung. Tentunya, hal ini akan menjadi simbiosis mutualisme antara ikan dan tanaman padi. Sebab, ikan memberikan aliran nutrisi pada tanaman padi. Sedangkan tanaman padi akan mengalirkan kembali air bersih penuh oksigen untuk kebutuhan kehidupan ikan nila. Sehingga terciptalah suatu siklus yang saling menguntungkan.

### **Analisis SWOT**

#### **A). Strengths**

*Smart Green Floating* merupakan sistem integrasi pertanian dan perikanan secara terapung yang diterapkan di wilayah perairan Sungai Ciliwung. Sistem ini dapat mengurangi biaya produksi karena adanya hubungan timbal balik antara pertanian dan perikanan, dimana ikan nila melalui kotorannya memberikan unsur N (nitrogen) yang sangat bermanfaat untuk tanaman padi. Sedangkan tanaman padi akan memberikan oksigen pada ikan nila. Hubungan timbal balik tersebut juga dikenal dengan sebutan simbiosis mutualisme. Dengan begitu, dapat meminimalisir penggunaan bahan kimia yang dapat berdampak buruk pada pertanian maupun lingkungan. Selain itu, dengan adanya biodiversitas budidaya, maka dapat menambah penghasilan petani dari penjualan hasil panen padi dan ikan nila. Hasil yang didapatkan dari adanya konsep *Smart Green Floating* juga bersifat organik karena tidak menggunakan masukan bahan kimia seperti pupuk anorganik. Sehingga keuntungan yang didapatkan masyarakat khususnya masyarakat daerah Kota Jakarta yaitu dapat memperoleh bahan pangan yang sehat.

Penerapan konsep ini memanfaatkan kemajuan teknologi yakni *IoT (Internet of Things)* guna mengoperasikan *Hand Mechanical Cleaner* secara otomatis. Dengan begitu, mekanisme pengambilan air, proses filter, pengumpulan air, hingga mengalirkan air pada keramba ikan maupun lahan padi. Hal itu juga berlaku pada proses penyesuaian pH air sebelum dialirkan sehingga tanaman padi dan ikan nila tidak mengalami keracunan. Adanya *IoT* juga dapat mempermudah penggunaan teknologi ini, yaitu hanya dengan melalui bangunan kendali maka semua sistem pada *Smart Green Floating* dapat dikendalikan. *Smart Green Floating* dapat digunakan untuk produksi padi dalam skala besar dibandingkan dengan teknologi hidroponik yang umumnya diterapkan pada wilayah perkotaan. Konsep ini juga dilengkapi berbagai alat pendukung seperti sensor yang memudahkan perawatan serta pengontrolan lebih lanjut. Didesain dengan semudah mungkin agar masyarakat mampu menggunakan teknologi *Smart Green Floating*.

#### **B). Weakness**

Terdapat juga kelemahan dari *Smart Green Floating* yaitu membutuhkan waktu yang relatif lama untuk mengembangkannya karena beberapa komponen teknologi terkait masih memerlukan adanya teknis lebih lanjut untuk dikembangkan seperti hand mechanical cleaner, berbagai sensor, dan sistem *IoT* yang terhubung pada seluruh komponen. Konsep *Smart Green Floating* juga diperkirakan memiliki harga yang relatif mahal dikarenakan banyak

menggunakan komponen teknologi berbasis modern sehingga berdampak pada harga *Smart Green Floating*. Selain itu, konsep ini juga membutuhkan perawatan yang kompleks karena menggunakan komponen sensor seperti sensor pH dan berbagai komponen lain yang mekanismenya cukup rumit. Kelemahan yang selanjutnya yaitu, minimnya kesadaran masyarakat untuk turut mengembangkan konsep ini. Masyarakat umumnya hanya berpikir pendek mengenai keterbatasan lahan yang saat ini telah terjadi di daerah perkotaan seperti Kota Jakarta. Masyarakat juga umumnya hanya berpangku tangan pada kebijakan pemerintah yaitu dengan mendatangkan bahan pangan berupa beras dari luar daerah perkotaan. Sehingga perlu adanya sosialisasi lebih lanjut sebelum diterapkannya konsep *Smart Green Floating* untuk meyakinkan masyarakat bahwa konsep ini jauh lebih menguntungkan dan dapat dirasakan dampak baiknya dalam jangka waktu yang panjang.

#### C). *Opportunities*

Peluang yang didapatkan dari teknologi *Smart Green Floating* ini yaitu dapat mendukung kinerja pertanian berlanjut di wilayah perkotaan dengan lahan yang terbatas. Selain itu, dengan adanya konsep aquaponik terapung ini dapat memberikan keuntungan bagi masyarakat perkotaan khususnya masyarakat Kota Jakarta karena ikan nila memiliki nilai jual yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan maupun perekonomian masyarakat. Adanya teknologi *Smart Green Floating* dapat menjadikan lahan perairan yang tidak terkelola seperti Sungai Ciliwung dapat menjadi terkelola dengan baik. Hal yang terpenting adalah wilayah Kota Jakarta dapat terbebas dari ancaman keterbatasan lahan. Selain itu, teknologi ini masih dapat dikembangkan kembali dengan menggunakan bahan-bahan daur ulang untuk keperluan keramba ikan ataupun sawah padi terapung sehingga dapat menekan biaya untuk pengaplikasian konsep *Smart Green Floating*. Peluang lainnya dari *Smart Green Floating* yaitu dapat meningkatkan efisiensi kinerja dan meningkatkan produksi sebab konsep pertanian yang diusung berbeda dengan pertanian konvensional pada umumnya. Teknologi ini juga dapat membangun kesadaran pada masyarakat, khususnya di sekitar Sungai Ciliwung untuk menjaga kelestarian lingkungan sungai.

#### D). *Threats*

Masyarakat perkotaan yang masih belum memiliki kesadaran akan manfaat dari teknologi terbaru sebab pemikiran masyarakat umumnya masih menganggap bahwa urban farming adalah hal yang awam dan hanya masyarakat perkotaan yang memiliki minat tinggi dalam bidang budidaya tanaman yang melakukan teknik budidaya urban farming. Hal ini membuat masyarakat di wilayah perkotaan menganggap bahwa *Smart Green Floating* adalah sistem yang tidak praktis karena harus melalui proses perakitan terlebih dahulu, serta membutuhkan biaya yang besar dalam pembuatan peralatan dari sistem pertanian-perikanan terapung. Selain itu, kurangnya dukungan dari pemerintah dan dinas terkait dapat mengakibatkan terhambatnya realisasi teknologi ini. Hal yang dikhawatirkan adalah Pemerintah Daerah lebih memilih untuk mengambil langkah untuk menyuplai bahan pangan dari daerah disekitar DKI Jakarta karena lebih mudah dibandingkan harus membuat teknologi *Smart Green Floating*. Oleh karena itu, diperlukan diskusi dua arah dengan pemerintah setempat mengenai keuntungan yang dapat dirasakan dari adanya *Smart Green Floating* dalam jangka panjang.

## SIMPULAN

*Smart Green Floating* merupakan inovasi teknologi yang bertujuan untuk mengintegrasikan pertanian-perikanan secara terapung yang diterapkan di wilayah perairan yaitu pada Sungai Ciliwung dengan memanfaatkan kemajuan teknologi *IoT (Internet of Things)* guna mengoperasikan sistem *Hand Mechanical Cleaner* otomatis. *Hand Mechanical Cleaner* berfungsi untuk menyaring sampah dan menguraikan logam berat pada air sungai. Penyaringan logam berat dilakukan melalui sistem biofilter. Teknologi *IoT (Internet of Things)* ini juga digunakan untuk mendeteksi tingkat pH air agar sesuai untuk media pertumbuhan tanaman padi dan budidaya ikan nila. Terdapat beberapa komponen penyusun dari konsep *Smart Green Floating*, yakni bangunan pemecah arus, keramba ikan, sawah padi terapung, bangunan kendali, dan *Hand Mechanical Cleaner*. Komponen-komponen tersebut memiliki fungsi tertentu di dalam teknologi yang diterapkan. *Smart Green Floating* dapat bekerja dengan otomatis menyesuaikan dengan kondisi perairan di wilayah Sungai Ciliwung. Keunggulan *Smart Green Floating* yaitu dapat digunakan untuk produksi padi dalam skala besar juga tidak perlu dilakukan penyiraman karena adanya kelimpahan air pada sungai serta meminimalisir penggunaan bahan kimia. *Smart Green Floating* menggunakan teknologi *IoT (Internet of Things)* sehingga membuat kinerjanya lebih mudah. Konsep ini juga dilengkapi berbagai alat pendukung seperti sensor yang memudahkan perawatan serta pengontrolan lebih lanjut. Pengoperasiannya secara otomatis dengan menggunakan layar monitor yang terdapat pada bangunan kendali sehingga lebih praktis dan mudah dioperasikan.

## SARAN

Penerapan *Smart Green Floating* diharapkan tidak hanya dapat diaplikasikan di wilayah Kota Jakarta saja, tetapi juga dapat menjadi acuan inovasi teknologi baru yang dapat dikembangkan di berbagai wilayah perkotaan lainnya dengan kondisi lahan yang terbatas sehingga membantu menciptakan pertanian berkelanjutan. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan dan meningkatkan efisiensi serta kinerja dari *Smart Green Floating*. Dengan begitu, produksi yang dihasilkan dapat meningkat, biaya yang dikeluarkan menurun, dan dapat dikembangkan untuk berbagai komoditas pertanian lainnya. Selain itu, juga diperlukan kerja sama yang kuat dengan berbagai *stakeholder* dalam mengembangkan *Smart Green Floating*, seperti Kementerian Pertanian, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Pemerintah Pusat dan Daerah, serta perusahaan yang bekerja pada bidang teknologi, khususnya teknologi pertanian.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Bapak Dr. Budi Waluyo, S.P., M.P selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan baik berupa saran dan masukan sehingga karya tulis ini dapat tercipta dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anggeraeni W, Rachma J, Ustati T, Astuti D. 2020. Analisis Kualitas Air Sungai Ciliwung Ditinjau dari Parameter pH dan Kekeruhan Air Berbasis Logger Prodising Seminar Nasional Sains:1(1).
- Astuti Y. 2016. Evaluasi Kesesuaian Perairan untuk Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Kawasan Pesisir Desa Kandang Besi Kecamatan Kota Agung Barat Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 5(1): 621–630.
- Ayu B, Wijaya N. 2023. Penerapan Metode Design Thinking Pada Perancangan Prototype Aplikasi Payoprint Berbasis Android. *Jurnal Student Conference*. 2(1): 68-75.fidi
- Badan Pusat Statistika. 2022. Jumlah Penduduk Provinsi Wilayah Jakarta Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin 2019-2021. Diakses Pada 19 Oktober 2023. <https://Jakarta.Bps.Go.Id/Indicator/12/111/1/JumlahPenduduk-Provinsi-Menurut-Kelompok-Umur-Dan-Jenis-Kelamin..>
- Badan Pusat Statistika. 2021. Registrasi Kelahiran Kematian Perkawinan Perceraian dan Pengesahan/Pengakuan Anak Menurut Kabupaten/Kota Di Provinsi Dki Jakarta 2019-2021. Diakses Pada 19 Oktober 2023. <https://Jakarta.Bps.Go.Id/Indicator/12/418/1/Registrasi-Kelahiran-Kematian-Perkawinan-Perceraian-DanPengesahan-Pengakuan-AnakMenurut-Kabupaten-Kota-DiProvinsi-Dki-Jakarta.Html>.
- Badan Pusat Statistika. 2022. Produksi Padi Wilayah Jakarta Menurun Di Tahun 2022. Diakses Pada 19 Oktober 2023. <https://Statistik.Jakarta.Go.Id/Produksi-Padi-Wilayah-Jakarta>
- Badan Pusat Statistika.2020. Produktivitas Padi Sawah di Provinsi Wilayah Jakarta. Diakses Pada 19 Oktober 2023. <https://Statistik.Jakarta.Go.Id/Produktivitas-Padi>
- Badan Pusat Statistik 2022. Jumlah Penduduk Provinsi Wilayah Jakarta. Diakses Pada 19 Oktober 2023. <https://Jakarta.Bps.Go.Id/Indicat or/Jumlahpenduduk-ProvinsiWilayah-Jakarta- MenurutKelompok-Umur-Dan-JenisKelamin>.
- Fidiastuti R. 2022. Potensi Bakteri Indigen Dalam Biodegradasi Air Sungai. *Jurnal Saintifika*. 16(1):29-39.
- Habiburrohman H. 2018. Aplikasi Teknologi Akuaponik Sederhana Pada Budidaya Ikan Air Tawar untuk Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.). Doctoral Dissertation, UIN Raden Intan Lampung.
- Harahap H. 2021. Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau dan Dampaknya bagi Warga Kota DKI Jakarta. *Journal Of Entrepreneurship, Management and Industry (JEMI)*. 4(1): 18-24.
- Hidayati M. Analisis Curah Hujan dan Debit Aliran Sungai DAS Ciliwung Hulu. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Ismail M, Singh S, Singh H, Mackill J. 2013. The Contribution of Submergence-Tolerant (Sub1) Rice Varieties to Food Security in Flood-Prone Rainfed Lowland Areas in Asia. *Field Crops Research*, 152: 83-93.
- Lestari A, Erawati E. 2022. Analisis Parameter COD Dan BOD Pengolahan Limbah Cair Di RSUD Dr. Moewardi Metode Biofilter Aerob. Prosiding Seminar Nasional Unimus, 5(1): 1505-1516.
- Mahalina E, Tjandrakirana T. 2016. Analisis Pb) Dalam Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Sidoarjo. *Jurnal Lentera Bio*, 5(1): 43-47.

- Sulaiman S, Suwignyo A., Hasmeda M, Wijaya A. 2016. Priming benih padi (*Oryza sativa* L.) dengan Zn untuk meningkatkan Vigor Bibit Pada Cekaman Terendam. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal Of Agronomy)*, 44(1), 8-15.
- Meidiansyah R. 2016. Rancang Bangun Alat Penguji Generator Set dengan Variasi Bahan Bakar Hidrocarbon (Pengujian Alat). Skripsi. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Monalisa S, Minggawati I. 2013. Kualitas Air Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis Sp.*) di Kolam Beton Dan Terpal. *Journal Of Tropical Fisheries*.5(2): 526-530.
- Nurlaili N, Gribaldi G, Suyudi. 2020. Pertumbuhan Beberapa Varietas Bibit Padi (*Oryza sativa* L.) akibat Cekaman Perendaman di Persemaian. *Lansium*, 2(1), 915.
- Nuranggraeni M, Prasadi O. Triwuri N. 2021. Pemanfaatan Berbagai Jenis Pupuk bagi Tanaman Padi pada Pertanian di Cilacap. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif*. 7(1): 336-345
- Putra A. 2016. Anak Berkesulitan Belajar di Sekolah Dasar Se-Kelurahan Kalumbuk Padang Penelitian Deskriptif Kuantitatif. *Jurnal Penelitian Pendidikan Khusus*, 4(3).
- Wardani F, Karimah U, Karianto D, Emiliyani F.2022. Pengoptimalan KJA dengan Inovasi Aquaponik untuk Meningkatkan Produksi Ikan Air Tawar dan Sayuran Organik pada Lahan Perairan Pasca Tambang Timah Kobatin Desa Perlang Bangka Tengah. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa. Istiqlal. Jurnal Teknologi* 3(1): 145-152. *Lingkungan*. 19(1): 13-22.
- Yudo S, Said N. 2018. Status Kualitas Air Yulianyahya, R. W. 2022. Optimalisasi Sungai Ciliwung di Wilayah DKI Feses/Kotoran dari Budidaya Jakarta Studi Kasus: Ternak Ikan sebagai Sumber Pemasangan Stasiun Online Nutrisi Tanaman dengan Sistem Monitoring Kualitas Air di Aquaponik. *Jurnal Pengmasku, Segmen Kelapa Dua Masjid* 2(1): 76-84.