



Analisis Kelayakan Konsep *Smart Floating Farming* di Indonesia untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan

Kumbara¹, Silfia^{2*}

^{1,2}Program Studi Pengelolaan Agribisnis, Jurusan Bisnis Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Lima Puluh Kota, Indonesia

ARTIKEL INFO

Sejarah artikel
Diterima 07/03/2024
Diterima dalam bentuk revisi 11/10/2024
Diterima dan disetujui 19/11/2024
Tersedia online 28/11/2024
Terbit 25/12/2024

Kata kunci
Desalinasi piramida
Pertanian berkelanjutan
Smart floating farm
Teknologi pertanian

ABSTRAK

Indonesia dihadapkan pada tantangan krisis pangan di masa depan akibat peningkatan populasi, perubahan iklim, dan penurunan kesuburan tanah, dengan potensi solusi inovatif berupa konsep *Smart Floating Farm* (SFF) yang memanfaatkan teknologi piramid desalinasi dan sistem hidroponik untuk memenuhi kebutuhan pangan dengan memanfaatkan potensi laut Indonesia. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis faktor-faktor pendukung yang memungkinkan penerapan konsep SFF di Indonesia, menyusun rancangan konsep SFF berdasarkan hasil analisis faktor-faktor pendukung, serta menganalisis kelayakan implementasi berdasarkan strategi analisis SWOT. Metode penelitian menggunakan rancangan kualitatif melalui analisis deskriptif yang akan dikomparasi untuk dilihat perbandingan kelayakannya. Hasil menunjukkan, penerapan konsep *Smart Floating Farm* (SFF) di Indonesia didukung oleh dua faktor utama, yaitu pertumbuhan penduduk yang pesat yang menyebabkan peningkatan kebutuhan lahan pemukiman dan permintaan pangan yang terus meningkat. Meskipun harga pangan relatif terjangkau, adaptasi terhadap keberlanjutan masih diperlukan. Rancangan model SFF menggunakan teknologi desalinasi piramid yang dapat mengubah air laut menjadi air tawar, didesain dengan ukuran standar 200 x 70 x 70 meter dan diposisikan 100 meter dari titik pasang tertinggi. Rancangan ini mengintegrasikan budidaya tanaman hidroponik dan peternakan, yang dikendalikan melalui AI dan IoT untuk meningkatkan efisiensi produksi pangan. Kajian teoritis dan analisis SWOT menunjukkan bahwa konsep SFF layak direalisasikan, asalkan didukung oleh sistem manajemen terintegrasi yang mengacu pada pengembangan pertanian presisi.



ABSTRACT

Indonesia is faced with the challenge of a food crisis in the future due to increasing population, climate change and decreasing soil fertility, with the potential for an innovative solution in the form of the Smart Floating Farm (SFF) concept which utilizes pyramid desalination technology and a hydroponic system to meet food needs by utilizing the potential of Indonesia's seas. The aim of this research is to analyze the supporting factors that enable the implementation of the SFF concept in Indonesia, develop a SFF concept design based on the results of the analysis of supporting factors, and analyze the feasibility of implementation based on a SWOT analysis strategy. The research method uses a qualitative design through descriptive analysis which will be compared to see its feasibility. The results show that the implementation of the Smart Floating Farm (SFF) concept in Indonesia is

supported by two main factors, namely rapid population growth which causes an increase in the need for residential land and an increasing demand for food. Even though food prices are relatively affordable, adaptation to sustainability is still needed. The SFF model design uses pyramid desalination technology which can convert sea water into fresh water, designed with a standard size of 200 x 70 x 70 meters and positioned 100 meters from the highest tide point. This design integrates hydroponic crop cultivation and animal husbandry, controlled via AI and IoT to increase food production efficiency. Theoretical studies and SWOT analysis show that the SFF concept is worthy of being realized, as long as it is supported by an integrated management system that refers to the development of precision agriculture.

PENDAHULUAN

Indonesia diprediksi akan menghadapi beberapa tantangan dimasa depan dalam bidang pertanian yang disebabkan oleh beberapa masalah yang terjadi. Indonesia dikenal sebagai negeri yang kaya akan sumberdaya pangan lokal alternatif, tetapi terprediksi akan menghadapi krisis pangan ([Ditjenbun Pertanian, 2022](#)). Permasalahan pertama dikarenakan, semakin meningkatnya populasi manusia, menyebabkan peningkatan permintaan akan pangan yang berkelanjutan. Laporan [Worldometers \(2023\)](#) mencatat, jumlah populasi di Indonesia tahun 2023 mencapai 281,36 juta jiwa. Presiden Joko Widodo dalam [Sambutan Presiden RI untuk Hari Habitat Dunia Tahun 2020](#) memperkirakan jumlah penduduk Indonesia akan mencapai hampir 300 juta jiwa pada tahun 2030. Adanya hal tersebut berarti menyebabkan produksi pangan akan meningkat dan pastinya akan

menyebabkan kepadatan pada bertambahnya lahan pemukiman di Indonesia.

Permasalahan kedua yaitu, perubahan iklim dan bencana alam yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti praktik pertanian yang tidak ramah lingkungan berdampak negatif dalam memperburuk kondisi kesuburan keberlanjutan lahan pertanian. Menurut laporan [World Wildlife Fund \(WWF\) pada tahun 2021](#), deforestasi, degradasi lahan, dan perubahan penggunaan lahan telah mempercepat kehilangan kesuburan tanah yang berarti banyak kapasitas lahan pertanian yang tidak bisa digunakan lagi.

[Badan Pusat Statistik \(2021\)](#) menunjukkan bahwa, luas lahan pertanian di Indonesia mengalami penurunan setiap tahun, dari 28,8 juta hektar di tahun 2015 menjadi 28,5 juta hektar di tahun 2020. Lahan pertanian yang terkontaminasi oleh aktifitas pertanian secara kimiawi dan pembakaran lahan serta kepadatan penduduk menjadi penyebab bertambahnya

lahan pemukiman, hal ini yang menjadikan terbatasnya pemanfaatan potensi lahan yang tidak teroptimalkan. Pemerintah dan para kalangan *stakeholder* terkait harus secepatnya saling berkontribusi dalam mencari solusi. Salah satu alternatif yang dapat diberikan sebagai solusi berkurangnya lahan pertanian dan kepadatan populasi adalah pemanfaatan lautan di area pesisir Indonesia yang terbentang luas. Area ini dapat menjadi sarana produksi pertanian dalam menghadapi krisis pangan yang disebabkan oleh kepadatan populasi di masa depan nantinya.

Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi sumber daya laut yang besar, namun pemanfaatan disektor masih terbatas dan belum optimal. Menurut Arianto (2020), dalam memanfaatkan sektor kelautan sebagai jalan solusi utama terhadap pembangunan nasional, maka dibutuhkan kebijakan pembangunan terpadu dan berbasiskan konsep ekosistem yang dapat dimanfaatkan. Salah satu pengimplemantasian konsep tersebut, salah satunya yaitu menerapkan konsep pertanian di atas laut yang terintegrasi dengan sistem hidroponik dan teknologi piramid desalinasi seperti *Smart Floating Farm* (SFF). Adanya konsep ini dimasa depan dapat menjadi solusi yang inovatif dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan pangan terhadap peningkatan populasi dan meningkatkan produksi pertanian di Indonesia pada tahun 2030 dan tahun seterusnya ketika populasi terus bertambah dan lahan pertanian mengalami kekurangan.

Menurut Water Network Research (2015), *Smart Floating Farm* (SFF) adalah

platform sektor pertanian yang dapat memproduksi makanan dan energi multi-lapisan yang berada mengapung di area pesisir lautan lepas. Keistimewaan pertanian apung ini dapat memungkinkan pengiriman makanan ke negara-negara dengan masalah impor dan produksi makanan dan air, atau bahkan kelangkaan pangan di masa depan. *Smart Floating Farm* (SFF) digagas oleh seorang arsitektur berkebangsaan Spanyol oleh Javier F Ponce pendiri dan CEO *Forward Thinking Architecture*. Konsep pertaniannya didasarkan guna membantu dalam memenuhi adanya permintaan lahan pertanian baru namun tidak menggusur (Brono, 2021). Menurut Javier F Ponce mengatakan bahwa hanya dengan satu fasilitas pertanian pintar akan menghasilkan sekitar 8 ton sayuran dan 1,7 ton ikan setiap tahun (Brono, 2021).

Hasil pertanian melalui konsep *Smart Precision Farming* ditargetkan mampu untuk memenuhi kebutuhan pangan di masa depan secara berkelanjutan seperti halnya yang sudah diterapkan di beberapa negara besar. Keberhasilan tersebut telah dibuktikan melalui hasil identifikasi penulis yang terlihat bahwa hanya beberapa negara yang baru mengusung konsep pertanian apung ini di antaranya Afrika, Cina, Jepang, Belanda, Spanyol dan New York (Onyango et al., 2021; Kendall et al., 2022; Minolta, 2020). Konsep ini bisa tentunya bisa menjadi inovasi di Indonesia pada tahun 2030 menuju era bonus demografi untuk mengatasi krisis pangan akibat keterbatasan lahan.

Smart Floating Farm (SFF) dirancang melalui sistem hidroponik yang meliputi rancangan *platform* akuakultur yang dapat

dimanfaatkan pada lahan yang terbatas. Menurut Lee & Wang (2020), produksi tanaman hidroponik pada *platform* akuakultur terintegrasi multitrofik mampu mengoptimalkan produksi secara keseluruhan untuk menjaga efisiensi penggunaan sumber daya air laut dan meningkatkan produktifitas dalam sistem akuakultur.

Tantangan pada penerapan konsep *Smart Floating Farm* (SFF) adalah kondisi air laut yang tidak bisa langsung digunakan sebagai sumber air dalam proses budidaya. Air laut yang berlimpah, mengandung natrium tingkat tinggi yang dapat menciptakan lingkungan beracun bagi tanaman dan dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Restanancy *et al.*, 2017). Maka dari itu dengan pemanfaatan teknologi piramid desalinasi yang dapat menyuling air asin menjadi air tawar, akan mampu menyediakan air bersih untuk irigasi tanaman dan kebutuhan peternakan. Teknologi piramid desalinasi memiliki sistem kerja dengan melibatkan penggunaan kolam penopang yang diisi dengan air laut. Kemudian, sistem dibiarkan berada di bawah sinar matahari sehingga air laut di dalamnya mengalami proses evaporasi. Uap air hasil evaporasi akan terkondensasi pada lapisan geo-membrane dan menjadi air tawar. Air tawar ini kemudian mengalir ke saluran air bersih dan disimpan di dalam drum penyimpanan air (Muhammad *et al.*, 2021).

Sasaran yang tepat untuk dapat mewujudkan konsep *Smart Floating Farm* (SFF), ditujukan untuk daerah pesisir lautan di Indonesia dengan memberdayakan sumberdaya manusia sekitar dan juga pemerintah serta para

stakeholder terkait menjadi pendukung terwujudnya konsep ini. Akan tetapi konsep ini masih memerlukan kajian yang komprehensif, untuk dianalisis seperti apa kelayakannya berdasarkan kondisi lingkungan pesisir, akses terhadap teknologi, kemampuan infrastruktur lokal, dan keterlibatan masyarakat. Penting untuk menganalisis potensi dan tantangan spesifik di tiap daerah pesisir Indonesia, termasuk ketersediaan sumber daya laut, cuaca, kondisi tanah, serta kesiapan sumber daya manusia dalam mengadopsi teknologi yang digunakan.

Berdasarkan kajian pada latar belakang, maka tujuan dari kajian penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor-faktor pendukung yang memungkinkan penerapan konsep *Smart Floating Farms* (SFF) di Indonesia, menyusun rancangan konsep SFF berdasarkan hasil analisis faktor-faktor pendukung, serta menganalisis kelayakan implementasi berdasarkan strategi analisis SWOT terhadap pengembangan konsep SFF di Indonesia.

METODE

Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode kualitatif berupa analisis penerapan secara deskriptif yang hasilnya diimplementasikan dalam bentuk formulasi model *Smart Floating Farming* yang didasarkan data-data ilmiah.

Sumber data berupa data sekunder yang diperoleh melalui, laporan penelitian, publikasi akademik, peraturan pemerintah dan sumber-sumber ilmiah lain yang relevan. Pemanfaatan data sekunder akan digunakan untuk

memperoleh informasi tentang rancangan konseptual *Smart Floating Farm*.

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengakses berbagai database online dan perpustakaan untuk mengidentifikasi sumber-sumber yang relevan dari data artikel ilmiah, hasil konferensi, tinjauan artikel, peraturan pemerintah dan buku yang relevan dengan topik studi penelitian ini. Prosesnya mulai dari identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi yang dilakukan secara sistematis. Hasil dideskriptifkan untuk menghasilkan rumusan gagasan yang dijadikan sebagai solusi. Pemaparan analisis model perancangan konseptual secara visualisasinya dibuat dengan basis desain *power point*, dan membuat kerangka analisis kelayakan berdasarkan komparasi analisis SWOT dengan data yang diperoleh.

Tahap penanganan masalah yang muncul dalam penelitian ini diberikan jawaban yang sesuai melalui analisis data yang telah dilakukan sebelumnya. Data yang sudah terkumpul kemudian diproses dan dianalisis dalam bentuk analisis SWOT dengan mempertimbangkan hasil informasi dan rumusan formulasi model yang didapatkan dengan permasalahan yang telah terjadi untuk diperoleh strategi tindak lanjut. Hasil informasi tersebut dikomparasi dengan konsep teori dan panduan dasar dalam Pedoman Teknis Master Plan Pengembangan Pertanian Presisi tahun 2023, yang saat ini dijadikan dasar dalam pengembangan pertanian berkelanjutan di Indonesia.

Data dalam penelitian ini disajikan dengan menggunakan konsep, teori, dan

contoh-contoh lapangan yang mendukung pengembangan SFF. Data yang sudah dideskripsikan kemudian dianalisis berdasarkan fakta lapangan. Proses analisis ini bertujuan untuk menghasilkan kelayakan gagasan secara teoritis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemicu Gagasan

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan pada bab sebelumnya, konsep *Smart Floating Farm* (SFF) dapat dipicu oleh dua fenomena sosial budaya masyarakat yakni pertumbuhan penduduk yang pesat dan meningkatnya permintaan pangan.

Pertumbuhan penduduk yang pesat.

Pertumbuhan penduduk yang pesat di Indonesia adalah masalah yang perlu diperhatikan karena dapat memberikan dampak negatif terhadap pembangunan dan kesejahteraan masyarakat. Ditinjau dari sisi kependudukan di dunia, berdasarkan data dari [Worldometer \(2023\)](#), diperkirakan jumlah populasi dunia mencapai 8 miliar jiwa. Pertumbuhan populasi yang pesat ini akan semakin meningkatkan permintaan akan pangan serta penggunaan lahan baru sebagai kawasan pemukiman dan diproyeksikan oleh [PBB di 2013](#), pada tahun 2050 populasi di dunia akan mencapai hampir 10 miliar. Menurut laporan Perserikatan Bangsa-Bangsa, yang menunjukkan bahwa pertumbuhan akan terjadi di negara-negara berkembang dan Indonesia adalah salah satu negara berkembang. Indonesia saat ini menjadi negara ke-4 didunia yang menyumbang populasi terbanyak yaitu 3,51 % dari jumlah populasi penduduk dunia ([Zulfikar, 2021](#)).

Pertumbuhan penduduk yang signifikan baik di Indonesia maupun dunia, hal ini pastinya akan menuntut permintaan pangan dan lahan tempat tinggal akan terus meningkat. Hal ini tentunya berdampak pada sektor pertanian yang kekurangan lahan sebagai pemenuh permintaan pangan yang meningkat. Maka dari itu *Smart Floating Farm* (SFF) menjadi solusi sebagai pemenuh kebutuhan pangan yang meningkat. Menurut Javier F Ponce sang pencetus konsep SFF dalam Brono (2021), pada

salah satu kawasan produksi dari SFF diproyeksikan mampu menghasilkan rata-rata 8 ton sayuran dan 1,7 ton ikan setiap tahun. Apabila hal itu diwujudkan di Indonesia dengan merealisasikan pada 38 titik di provinsi Indonesia, berarti dalam setahun dapat menghasilkan 304 ton sayuran dan 64 ton hasil peternakan. Tentunya Indonesia akan mampu menjadi pusat kebutuhan pangan di dunia dan krisis pangan dapat teratasi dengan potensi yang dimiliki saat ini.



Gambar 1. Persebaran 38 titik di Indonesia terhadap *smart floating farm* (SFF) (Sumber: Gambar diolah penulis, 2024)

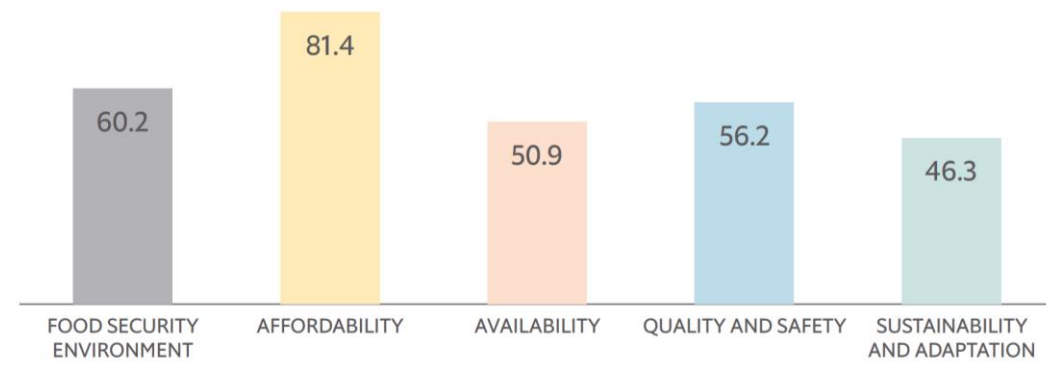
Meningkatnya permintaan pangan. Meningkatnya kapasitas populasi berarti meningkatnya kebutuhan pangan, pemerintah Indonesia sudah semestinya mendorong pertanian yang berkelanjutan dan efisien serta meningkatkan produktivitas pertanian, baik di sektor tanaman maupun peternakan. Pengembangan infrastruktur dan memperbaiki akses ke pasar bagi petani, perbaikan distribusi dan penyimpanan pangan sangat penting untuk mengurangi pemborosan makanan guna menstabilkan ketahanan pangan yang ada. Berdasarkan data *Global Food Security Index* (2022), ketahanan pangan Indonesia memiliki

indeks berada pada level 60,2 di tahun 2022. Indeks ketahanan pangan ini masih dibawah rata-rata global yang standarnya 62,2 (*Global Food Security Index, 2022*). Pertumbuhan populasi yang mencapai 273,52 juta jiwa meningkatkan kebutuhan pangan secara signifikan, sementara pasokan pangan dinilai kurang memadai berdasarkan indeks yang berada di bawah rata-rata. Padahal secara umum harga pangan di Indonesia cukup terjangkau dibandingkan negara-negara lain (*Ahdiat, 2022*).

Menurut *Global Food Security Index* (2022), kemampuan Indonesia dalam

memenuhi permintaan pangan diukur melalui beberapa indikator, yaitu keterjangkauan harga (*affordability*), ketersediaan pasokan (*availability*), kualitas dan keamanan nutrisi (*quality and safety*), serta keberlanjutan dan

adaptasi (*sustainability and adaptation*), yang secara keseluruhan memiliki nilai indeks yang memenuhi standar.



Gambar 2. Index ketahanan pangan Indonesia terhadap permintaan pangan (Sumber: [Global Food Security Index Indonesia, 2022](#))

Berdasarkan gambar 2 dapat menunjukkan bahwa, aspek keterjangkauan pangan dengan skor 81.4, yang berarti harga pangan di Indonesia relatif terjangkau dibandingkan negara lain di kawasan Asia Pasifik. Namun, dalam aspek keberlanjutan dan adaptasi, indeks Indonesia lebih rendah (46.3), hal ini menunjukkan bahwa ada tantangan terkait keberlanjutan sistem pangan di negara ini.

Menurut [Nugroho et al. \(2022\)](#), Pasokan pangan di Indonesia dinilai kurang memadai dan kualitas nutrisi dari pangan yang tersedia rendah, karena Indonesia memiliki ketahanan pangan yang lebih buruk dibandingkan dengan rata-rata negara-negara di kawasan Asia Pasifik pada indikator keberlanjutan serta adaptasi sehingga perlunya kemampuan untuk beradaptasi dengan banyak situasi melalui pendekatan multisektoral.

Permintaan pangan yang masih belum stabil di Indonesia, disebabkan oleh berbagai faktor yang mempengaruhi dinamika

ketersediaan dan aksesibilitas pangan. Berdasarkan beberapa penelitian terbaru, berikut beberapa tantangan utama yang menyebabkan ketidakstabilan permintaan pangan di Indonesia:

1. Krisis ekonomi dan pengaruh pandemi COVID-19. Menurut [Ariani et al. \(2021\)](#), pandemi COVID-19 telah memberikan dampak besar pada rantai pasokan pangan di Indonesia. Pembatasan aktivitas ekonomi dan logistik yang diberlakukan selama pandemi menghambat distribusi pangan, sehingga menyebabkan kelangkaan pasokan di beberapa daerah. Selain itu menurut [Rozaki \(2020\)](#), berkurangnya daya beli masyarakat akibat kehilangan pekerjaan memperburuk situasi ketidakstabilan permintaan pangan.
2. Masyarakat Indonesia saat ini mengalami pergeseran dalam pola konsumsi pangan sebesar 13,9% dari tahun 2024 hingga 2030 terutama dengan meningkatnya permintaan

terhadap makanan olahan dan makanan cepat saji (Badan Ketahanan Pangan Pertanian, 2024). Akan tetapi fluktuasi harga pangan pokok, seperti beras, sayuran, dan protein, tetap menjadi tantangan yang menyebabkan ketidakstabilan dalam pasokan dan permintaan (Solihin & Bachtiar, 2023).

3. Distribusi pangan yang tidak merata antara daerah perkotaan dan pedesaan. Menurut Lermating *et al.* (2024), daerah yang lebih terpencil sering mengalami kekurangan pangan karena infrastruktur distribusi yang kurang memadai.
4. Ketergantungan pada impor beberapa bahan pangan, seperti kedelai dan gandum, membuat Indonesia rentan terhadap fluktuasi harga di pasar internasional (Shaffitri *et al.*, 2023). Hal ini berdampak pada ketidakstabilan harga pangan di dalam

negeri, yang kemudian memengaruhi permintaan pangan.

Faktor yang ada tersebut memicu adanya gagasan *Smart Floating Farm* (SFF) sangat dibutuhkan dalam memenuhi indeks kebutuhan pangan yang terus meningkat dikarenakan populasi manusia yang terus bertambah.

Tawaran Solusi

Analisis solusi. Berdasarkan permasalahan yang dipicu oleh pertumbuhan penduduk yang cepat dan meningkatnya permintaan pangan secara signifikan terus berkembang setiap tahunnya. Maka penulis memberikan solusi adanya perwujudan *Smart Floating Farm* (SFF) dapat diimplementasikan dari beberapa analisis permasalahan yang ada menjadi satu solusi utama. Analisis permasalahan permasalahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tawaran Solusi dari Permasalahan

No	Indikator Permasalahan	Solusi
1	Keterbatasan lahan pertanian (Javlec Indonesia, 2018)	Membangun konsep SFF, lautan dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian sehingga dapat memperluas lahan pertanian dan meningkatkan produksi pangan.
2	Tanaman yang memerlukan kapasitas air tawar yang mencukupi di area pesisir laut (Danial, <i>et al.</i> , 2023)	Menggunakan teknologi piramid desalinasi, konsep SFF dapat menghasilkan air bersih dari air laut, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya air tawar yang semakin langka.
3	Perubahan iklim (Nestle, 2022)	Konsep SFF memungkinkan untuk menanam tanaman di atas lautan, sehingga dapat mengurangi tekanan pada lahan pertanian darat yang terancam oleh perubahan iklim dan deforestasi.
4	Penggunaan pestisida dan herbisida yang berlebihan (Aditiya, 2021)	Menggunakan teknologi hidroponik pada konsep SFF, penggunaan pestisida dan herbisida dapat dikurangi sehingga pertanian menjadi lebih ramah lingkungan.

5 Krisis pangan	Konsep SFF dapat meningkatkan produksi pangan yang diproyeksikan mampu menghasilkan 8 ton sayuran dan 1,7 ton ikan setiap tahun pada satu bangunan SFF. Sehingga dapat meningkatkan kemandirian pangan di Indonesia (Brono, 2021).
-----------------	--

Tawaran Rancangan Konseptual

Indikator permasalahan yang ada pada Tabel 1 dapat diatasi dengan salah satu solusi yang inovatif, yaitu konsep *Smart Floating Farm* (SFF) yang memadukan berbagai teknologi. Namun, selain SFF, sebenarnya terdapat berbagai solusi lain, seperti peningkatan efisiensi penggunaan lahan melalui teknologi pertanian vertikal melalui Rekayasa vegetatif, atau pemanfaatan sistem agroforestri yang juga relevan dan sedang dikembangkan oleh peneliti lain (Rendra *et al.*, 2016) dan (Brown *et al.*, 2018). Konsep SFF tetap diangkat sebagai solusi penting, namun tetap mengakui berbagai alternatif solusi yang layak untuk dipertimbangkan dalam mengatasi masalah yang kompleks dalam sektor pertanian.

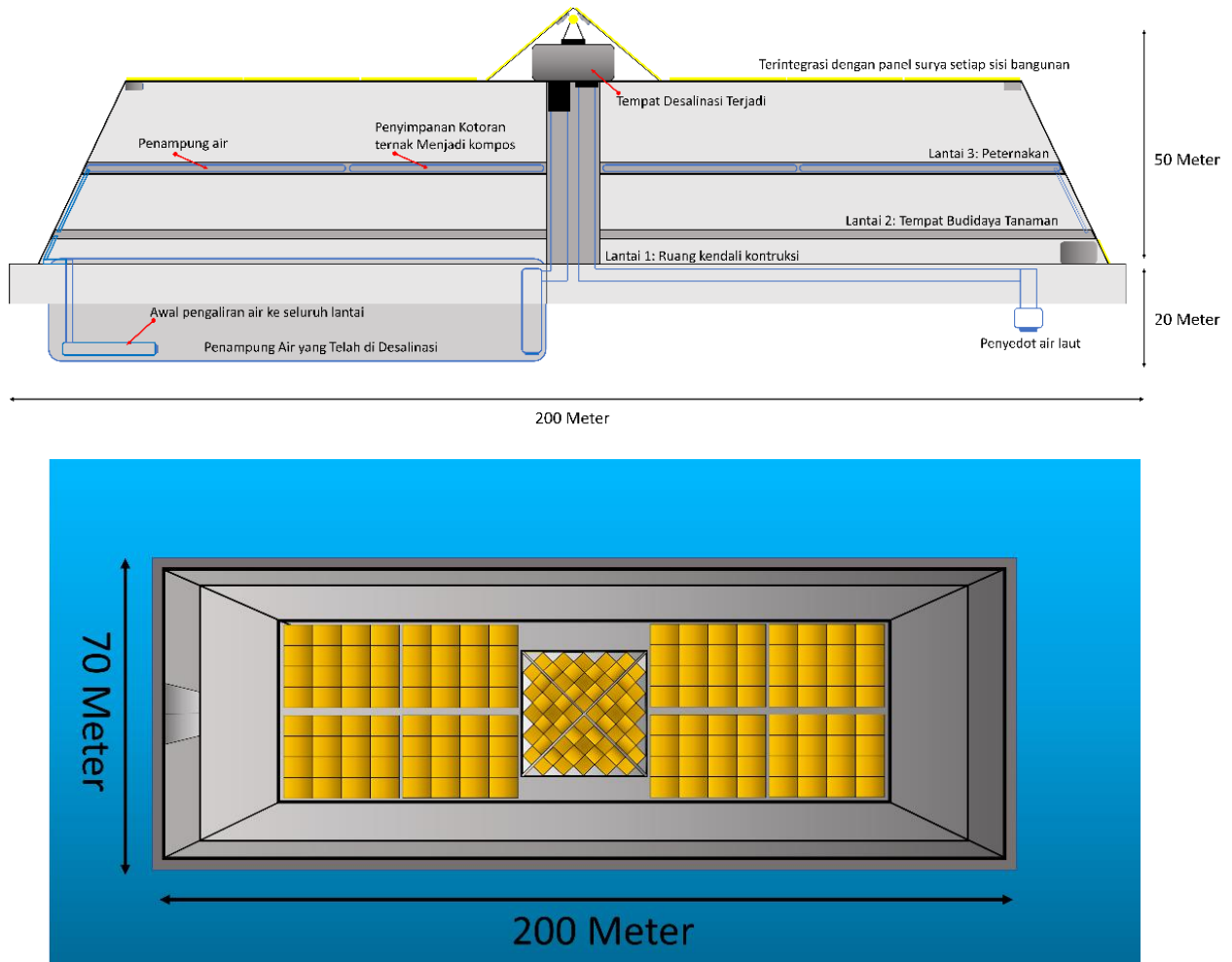
Konsep yang akan disajikan tidak mewakili pekerjaan desain yang sebenarnya, tetapi didasarkan pada asumsi dan ekstrapolasi tertentu dari kondisi wilayah yang ada. Menurut Kutananda & Titah (2022), asumsi yang digunakan adalah bahwa kondisi wilayah pesisir Indonesia yang dapat diimplementasikan teknologi desalinasi air laut dan pertanian apung dengan menghitung kebutuhan air, debit, dan merencanakan instalasi sesuai dengan debit air yang dibutuhkan serta sesuai dengan kondisi lokasi. Ekstrapolasi dilakukan berdasarkan bukti dari negara-negara maju seperti Belanda dan Cina yang telah berhasil mengembangkan teknologi pertanian canggih di wilayah pesisir

(Kendal *et al.*, 2022; Minolta, 2020). Meskipun data tersebut menunjukkan keberhasilan, adaptasi konsep di Indonesia masih memerlukan penyesuaian dengan tantangan iklim, infrastruktur, dan budaya lokal. Kajian dari penelitian Saraan & Rambe (2023), menyatakan bahwa teknologi pertanian presisi dan otomatisasi sangat efektif dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan, namun penerapannya perlu disesuaikan dengan kondisi spesifik setiap wilayah.

Rancangan konsep didesain dengan mengkombinasikan dengan modul teknologi terkait. Dalam implementasinya, modul-modul ini saling terintegrasi untuk menciptakan sistem manajemen pertanian yang holistik. Sistem informasi manajemen pertanian (SIM) menggabungkan berbagai aspek seperti perencanaan tanam, pengelolaan lahan, dan manajemen irigasi. Dengan adanya sensor IoT yang memantau kondisi tanah dan tanaman secara real-time, petani dapat mengakses data penting untuk pengambilan keputusan yang lebih baik terkait pemupukan dan irigasi (Sudirman *et al.*, 2023). Menurut Sukanteri (2018), penggunaan aplikasi *mobile* membuat petani untuk mendapatkan informasi terkini tentang cuaca dan teknik budidaya yang efektif, sehingga mereka dapat beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan kondisi wilayah. Produktifitas pada wilayah pertanian terapan memiliki sistem pengelolaan limbah terpadu

diusulkan untuk meningkatkan keberlanjutan. Desain konseptual dan analisis keuangan terkait menunjukkan bahwa integrasi berbagai moda

pertanian tersebut dapat menguntungkan dan berkelanjutan pada saat yang sama (Asgarov, 2021).



Gambar 1. Rancangan konsep *smart floating* (SFF)
(Sumber: Gambar didesain)

Sistematika Sistem *Smart Floating Farm* (SFF)

Berdasarkan Gambar 3, rancangan konsep pertanian pintar ini didesain dengan bentuk menyerupai sebuah piramid, dikarenakan menggunakan teknologi desalinasi piramid yang dapat mengubah air laut menjadi air tawar yang siap dipakai dalam proses produksi pertanian didalamnya. Permukaan atas bangunan dipasang panel surya yang digunakan

sebagai sumber energi listrik pada bangunan. Kontruksi bangunan disesuaikan dengan standar jarak yang telah ditentukan [Presiden No. 51 Tahun 2016](#) tentang Batas Sempadan Pantai Objek Bangunan dengan garis sempadan pantai minimum 100 meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat yang ukuran panjang, tinggi, lebar sebesar 200 x 70 x 70 meter. Bangunan ini di akan diproyeksikan dapat menampung berbagai jenis komoditi seperti

beras, gandum, jagung, kedelai, kacang-kacangan, tepung, gula, tepung terigu, dan berbagai jenis hewan ternak. Bangunan ini memiliki 3 lantai yang memiliki fungsinya masing-masing.

Lantai 1 merupakan tempat kendali konstruksi sistem yang ada di bangunan tersebut. Mengontrol sistem kerja yang dijalankan otomatis dengan memanfaatkan teknologi AI dan IoT (*Internet of Think*) membuat sistem kerja integrasi dari otomatisasi berbasis teknologi AI dan IoT yang mengontrol efisiensi proses produksi pangan, pengelolaan air, desalinasi, serta pemanfaatan limbah melalui pengumpulan dan analisis data secara *real-time*. Terdapat Desalinasi Termal sebagai penampung air yang telah di desalinasi dari air laut melalui penyedotan mesin RO (*rejected water*) yang merupakan alat yang terhubung dengan pompa paralel sebagai peningkatan kapasitas sanitasi dan penyaringan air laut dari bawah menuju puncak piramid yang dapat dipanaskan hingga menguap, kemudian uapnya dikumpulkan dan didinginkan menjadi air tawar (Danial *et al.*, 2023). Proses melalui sistem desalinasi lalu dialirkan kembali kebawah menuju penampungan air yang telah steril dari air laut menjadi air tawar. Dari penampungan air yang berada dilantai satu dapat dialirkan kembali melalui sistem hidroponik yang telah terintegrasi oleh AI dan IoT (*Internet of Think*) sebagai kontroling sistem aliran didalam bangunan.

Sistem aliran pada konsep *Smart Floating Farm* (SFF) ditujukan untuk mengatur distribusi air dalam sistem hidroponik dengan memanfaatkan pompa air otomatis yang

terhubung dengan sensor kelembaban dan tekanan. Pompa ini mengalirkan air tawar ke seluruh area hidroponik. Sistem memanfaatkan berbagai alat yang saling terintegrasi. Alat sensor untuk perkembangan tanaman mulai dari sensor pH, sensor EC (pemantau listrik dan air), sensor suhu, dan sensor LI (pengatur cahaya). Untuk pelatihan data, sistem yang disarankan menggunakan pembelajaran mesin dan AI, sementara transmisi Wi-Fi dan penyimpanan cloud digunakan untuk publikasi data dari aktifitas budidaya (Sudirman, 2023). Nilai dari sensor suhu dan kelembapan (DHT 11) sistem hidroponik otomatis yang diusulkan, sensor pH, dan meter konduktivitas listrik akan secara otomatis menyediakan larutan nutrisi untuk tanaman yaang dapat diproses secara *real-time* kapan dan seberapa banyak air yang harus dialirkan untuk memastikan tanaman mendapatkan nutrisi yang tepat tanpa pemborosan sumber daya (Thakur *et al.*, 2023).

Lantai 2 merupakan bagian tempat budidaya pertanian dengan sistem hidroponik yang telah mendapatkan aliran air dari lantai 1. Sumber cahaya bagi tanaman di lantai 2 dengan sistem hidroponik menggunakan lampu LED khusus yang dapat menyerap cahaya matahari melalui panel surya diatas permukaan bangunan guna memastikan tanaman mendapatkan cahaya yang tepat untuk pertumbuhan yang optimal, terutama di lingkungan yang tertutup atau terbatas pencahayaan alami (Jannah & Asran, 2023).

Melalui aliran yang terintegrasi sistem hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) tanaman yang dibudidayakan didalamnya dipastikan dapat menerima nutrisi dari bahan

organik yang telah diolah dan pemanfaatan sumber cahaya melalui LED yang terhubung dengan panel surya. Desain NFT memastikan bahwa akar tanaman tetap terhidrasi tanpa menjadi terlalu basah, sehingga sesuai kebutuhan untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang beragam (Asmana *et al.*, 2023). Hasil penelitian Andrianto & Suryaningsih, (2023) menunjukkan, sistem hidroponik yang terintegrasi dengan AI dapat berfungsi dengan baik dalam memantau kebutuhan air dan nutrisi secara otomatis dan berhasil menghindari penggunaan nutrisi yang berlebihan dan meningkatkan produktivitas.

Lantai 3 merupakan bagian peternakan yang dirancang untuk membudidayakan beberapa jenis hewan ternak yaitu seperti sapi, ayam, kambing dan berbagai jenis ikan tawar. Pada lantainya sudah terdapat air sebagai sumber pakan ternak, dan kotorannya dimanfaatkan sebagai kompos dan bahan pestisida untuk lantai 2 sebagai tempat budidaya tanaman. Adapun hasil limbah kotoran dari peternakan nantinya akan diolah melalui sistem olahan IoT secara otomatis.

Sistem lantai 3 dirancang agar dapat mengetahui kuantitas jumlah olahan bahan organik yang diolah sebagai pupuk dan pestisida alami sebagai pemenuhan kebutuhan berbagai komoditas tanaman. Limbah dari ternak dikumpulkan dan diolah menggunakan teknologi IoT yang memantau tingkat produksi limbah dengan pemeliharaan prediktif dapat untuk menghasilkan kompos dan pestisida organik. Limbah organik ini kemudian dialirkan kembali ke lantai 2 hidroponik untuk memberi nutrisi bagi tanaman, menciptakan siklus

produksi yang berkelanjutan (Kumbhare *et al.*, 2023).

Kesimpulannya, fungsi setiap lantai yang telah dijelaskan secara integrasi antara sistem-sistem setiap lantai secara sederhananya dapat dipahami bahwa lantai 1 berfungsi sebagai pusat kendali sistem AI dan IoT, serta tempat di mana air tawar disimpan setelah proses desalinasi. Dari sini, air kemudian dialirkan ke lantai 2 untuk digunakan dalam sistem hidroponik. AI bertugas untuk memastikan distribusi air dan nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman berdasarkan data real-time. Lantai 3, yang berfungsi sebagai tempat peternakan, menghasilkan kotoran ternak yang diproses menjadi kompos dan pupuk organik. Pupuk ini kemudian dialirkan kembali ke lantai 2 melalui sistem NFT untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan. Interaksi antar lantai ini memastikan siklus produksi yang tertutup dan efisien.

Analisis Kelayakan Konsep

Kelayakan gagasan didasarkan pada dua indikator. Pertama analisis kelayakan melalui SWOT tools dan kedua dengan mengkoparasi hasil SWOT tools dengan data literatur. Analisis SWOT melibatkan identifikasi kekuatan (*Strengths*), kelemahan (*Weaknesses*), peluang (*Opportunities*), dan ancaman (*Threats*) yang terkait dengan gagasan atau proyek yang sedang dipertimbangkan. Digunakannya analisis SWOT ini dikarenakan analisis SWOT masih dianggap sebagai salah satu metode yang paling efektif dan populer untuk mengevaluasi keberhasilan suatu ide konsep gagasan (Widyastuti, 2018).

Pada penelitian ini diperoleh hasil analisis SWOT berupa kelayakan ide pada

penerapan konsep desain *Smart Floating Farm*, seperti yang diuraikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Analisis SWOT

Kekuatan/Strengths (S)	Kelemahan/Weakneses (W)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Memanfaatkan teknologi terkini seperti desalinasi piramid, AI, dan IoT untuk meningkatkan efisiensi produksi pertanian. 2. Panel surya yang terpasang memberikan sumber energi listrik yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. 3. Bangunan yang dirancang untuk tahan terhadap terjangan ombak laut dan bencana alam seperti tsunami dan gempa, menunjukkan fleksibilitas dalam lokasi implementasi. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem yang sangat tergantung pada teknologi dapat menjadi rentan terhadap kegagalan teknis atau gangguan jaringan. 2. Ukuran bangunan yang terbatas (200 x 70 x 70 meter) mungkin membatasi produksi dan jenis komoditas yang dapat ditampung. 3. Ketergantungan pada kondisi alam, seperti cuaca dan ketersediaan sinar matahari, dapat mempengaruhi kinerja sistem.
Peluang/Opportunities (O)	Ancaman/Threats (T)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Konsep ini dapat menjadi solusi untuk meningkatkan produksi pangan secara berkelanjutan dengan memanfaatkan lahan yang terbatas. 2. Ada peluang untuk memperluas konsep ini ke wilayah lain dengan kondisi yang serupa, baik di pesisir laut maupun di perairan dalam. 3. potensi untuk menjalin kemitraan dengan lembaga penelitian, pemerintah, atau investor untuk mengembangkan dan memperluas konsep ini lebih lanjut. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perubahan regulasi atau kebijakan pemerintah terkait pertanian, lingkungan, atau pesisir laut dapat menghambat implementasi konsep ini. 2. Ancaman seperti perubahan iklim, polusi laut, atau gangguan alam lainnya dapat mengganggu operasi dan kinerja sistem. 3. Munculnya konsep serupa atau inovasi dalam pertanian vertikal atau pangan berkelanjutan dapat menjadi ancaman bagi keberhasilan konsep ini.

Pengembangan kawasan lahan pertanian yang terintegrasi pada konsep *Smart Floating Farming* mengacu pada Pedoman Teknis Master Plan Pengembangan Pertanian Presisi Dirjen PSP, Kementerian Pertanian tahun 2023. Berdasarkan kriteria yang

ditetapkan pada pedoman tersebut, pengembangan pertanian berkelanjutan berkonsepkan *Smart Floating Farming* layak untuk diterapkan jika mempertimbangkan beberapa *Output* dan *Outcome* indikator pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Indikator Kelayakan Penerapan *Smart Precision Farming*

Output	Outcome
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tersedia dan termanfaatkannya penataan ruang dan lahan di lokasi. 2. Tersedia dan termanfaatkannya infrastruktur pertanian 3. Tersedia dan termanfaatkannya prasarana dan sarana digitalisasi usaha pertanian. 4. Tersusun dan termanfaatkannya sistem dan teknologi produksi. 5. Terasuransikannya usaha pertanian. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terbangunnya pertanian presisi. 2. Meningkatnya produktivitas, efisiensi, dan mutu produksi 3. Meningkatnya keuntungan usaha pertanian presisi 4. Meningkatnya perlindungan usaha pertanian, 5. Meningkatnya keterampilan dan penerapan teknologi pertanian presisi.

<i>Output</i>	<i>Outcome</i>
6. Tersedia dan termanfaatkannya sarana produksi dan operasional alsintan serta UPHP	
7. Meningkatnya kapasitas dan kompetensi SDM usaha pertanian.	
8. Terbangunnya kelembagaan (korporasi) petani dalam memiliki rencana bisnis/usaha.	

Sumber: Tabel di Olah penulis dari [Dirjen PSP, 2023](#)

Indikator kelayakan pada Tabel 3 apabila dikomparasi dengan hasil analisis SWOT yang mengacu pada data panduan dasar dalam pengembangan kawasan lahan pertanian

berkelanjutan, memiliki kolerasi dengan indikator kelayakan yang menunjukkan susunan strategi dan tindak lanjut sebagai berikut:

Tabel 4. Komparasi Strategi SWOT sebagai Korelasi terhadap Indikator Kelayakan

Komponen SWOT	Strategi Tindak Lanjut	Korelasi dengan Indikator Kelayakan
<i>Strengths</i> (Kekuatan)		
Pemanfaatan teknologi terkini (AI, IoT)	Mengoptimalkan manajemen penerapan teknologi presisi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian.	Tersusunnya dan termanfaatkannya sistem dan teknologi produksi (Indikator 4).
Panel surya dan energi berkelanjutan	Menambah kapasitas infrastruktur energi terbarukan untuk mendukung efisiensi manajemen operasional.	Tersedianya dan termanfaatkannya infrastruktur pertanian (Indikator 2).
Bangunan tahan bencana alam	Meningkatkan fleksibilitas bangunan agar tahan terhadap bencana, memperkuat perlindungan pertanian presisi dari risiko eksternal melalui manajemen resiko.	Meningkatnya perlindungan usaha pertanian (Indikator 4).
<i>Weaknesses</i> (Kelemahan)		
Ketergantungan pada teknologi	Membangun infrastruktur cadangan dan sistem pemantauan untuk mengantisipasi gangguan teknologi.	Tersusunnya prasarana dan sarana digitalisasi usaha pertanian (Indikator 3).
Kapasitas produksi terbatas	Menyusun rencana manajemen pengembangan teknologi dan perluasan lahan untuk meningkatkan kapasitas.	Tersedianya prasarana produksi dan operasional (Indikator 5).
<i>Opportunities</i> (Peluang)		
Solusi untuk wilayah pesisir dan lahan terbatas	Menerapkan konsep sebagai <i>pilot project</i> di wilayah pesisir dan optimasi lahan terbatas untuk uji coba.	Tersedianya dan termanfaatkannya penataan ruang dan lahan di lokasi (Indikator 1).

Komponen SWOT	Strategi Tindak Lanjut	Korelasi dengan Indikator Kelayakan
Potensi kolaborasi dengan lembaga	Mengembangkan manajemen kemitraan dengan lembaga penelitian dan pemerintah untuk inovasi pertanian berkelanjutan.	Terbangunnya kelembagaan (korporasi) petani (Indikator 8).
Threats (Ancaman)		
Perubahan kebijakan dan regulasi	Membentuk tim advokasi kebijakan untuk mempertahankan dukungan regulasi terhadap SFF dan pertanian presisi.	Meningkatnya perlindungan usaha pertanian (Indikator 4).
Gangguan iklim dan lingkungan	Menerapkan teknologi manajemen mitigasi bencana dan prediksi cuaca untuk melindungi produksi pertanian.	Tersedianya sarana proteksi usaha pertanian (Indikator 6).

Tabel 4 menggambarkan bagaimana komponen SWOT dari konsep SFF berkorelasi langsung dengan indikator kelayakan penerapan *Smart Precision Farming*, yang ditetapkan oleh Pedoman Teknis Master Plan Pengembangan Pertanian Presisi tahun 2023. Strategi tindak lanjut yang dirancang untuk mengatasi kelemahan dan ancaman, serta memanfaatkan kekuatan dan peluang yang menunjukkan strategi harus berupa sistem manajemen yang saling terintegrasi. Berdasarkan hasil komporasi antar komponen strategi SWOT dengan Indikator Kelayakan, konsep gagasan ini sesuai kriteria yang telah ditetapkan sehingga layak untuk direalisasikan. Hal ini dikarenakan konsep *Smart Floating Farming* dalam pengembangan kawasan lahan pertanian berkelanjutan disesuaikan dengan berbagai sumber-sumber dan fakta lapangan yang mengacu pada kelayakan penerapannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil kajian yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa, faktor pendukung penerapan konsep *Smart Floating Farms* (SFF) di Indonesia dapat di dukung oleh dua faktor utama yaitu, Pertumbuhan penduduk

yang pesat membuat semakin meningkatnya penggunaan lahan baru sebagai kawasan pemukiman dan Indeks Permintaan Kebutuhan Pangan yang terus meningkat disebabkan harga pangan di Indonesia relatif terjangkau akan tetapi masih memerlukan adaptasi keberlanjutan. Solusi dari model rancangan konsep SFF berdasarkan hasil faktor pendukung diperoleh, rancangan konsep pertanian pintar yang didesain dengan bentuk teknologi desalinasi piramid dengan standar ukuran 100 meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat yang berukuran sebesar 200 x 70 x 70 meter, dan dapat terintegrasi antara subsistem budidaya tanaman serta peternakan dengan ekosistem digital berupa sistem AI dan IoT sebagai efektifitas dalam pemenuhan produksi pangan dengan pengoptimasian kawasan lahan yang bisa diatur dengan sistem hidroponik. Secara kajian teoritis yang didapatkan lalu dikomparasi dengan analisis SWOT, didapatkan konsep SFF layak untuk direalisasikan dengan memperhatikan langkah strategis berupa sistem manajemen terintegrasi yang mengacu pada dasar dalam pengembangan kawasan lahan pertanian

presisi. Saran yang diberikan penulis yaitu dalam pengembangan tiap teknologi Smart Precision Farming perlu dikaji dengan penelitian lebih dalam secara implementasinya, agar dapat memastikan bahwa dampak negatif dapat diminimalkan dan manfaat yang dihasilkan lebih besar dari kerugian.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Artikel ilmiah ini diteliti dan ditulis oleh Kumbara sebagai penulis utama dan Silfia sebagai penulis kedua

DAFTAR PUSTAKA

- Aditiya, D. R. (2021). Herbisida: risiko terhadap lingkungan dan efek menguntungkan. *Sainteknologi. Jurnal Sains dan Teknologi*, 19(1), 6-10.
- Ahdiat, A. (2022). *Ketahanan pangan indonesia menguat pada 2022*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/12/02/ketahanan-pangan-indonesia-menguat-pada2022>. Diakses Tanggal 24 Februari 2024.
- Andrianto, H., & Suryaningsih, S. (2023). Pemantauan dan pengendalian nutrisi pada tanaman hidroponik sistem wick berbasis IoT. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(4), 968.
- Ariani, M., Mauludyani, A. V. R., & Sudaryanto, T. (2022). Toward a sustainable food consumption in Indonesia toward a sustainable food consumption in Indonesia. *FFTC EJ*.
- Arianto, M. F. (2020). Potensi wilayah pesisir di negara Indonesia. *Jurnal Geografi*, 10(1), 204-215.
- Asgarov, R., Muhammad, A.H., David, M., & Khandelwal, P. (2021). A sustainable, integrated multi-level floating farm concept: Singapore. *Jurnal Internasional*, 1-42.
- Asmana, M. S., Abdullah, S. H., & Putra, G. M. D. (2017). Analisis keseragaman aspek fertigasi pada desain sistem hidroponik dengan perlakuan kemiringan talang. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 5(1), 303-315.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia: Hasil Kegiatan Pendataan Statistik Pertanian Tanaman Pangan Terintegrasi dengan Metode Kerangka Sampel Area*. Edisi ke-1. Diterbitkan Oleh Badan Pusat Statistik Nasional. Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan.
- Badan Ketahanan Pangan Pertanian. (2024). *Kebijakan Strategis Ketahanan Pangan dan Gizi 2020-2024*. Kementerian Pertanian, Jakarta. 56 Halaman.
- Brono, H. (2021). *Pertanian terapung jadi solusi keterbatasan lahan di kota besar*. <https://koran-jakarta.com/pertanian-terapung-jadi-solusi-keterbatasan-lahan-di-kota-besar>. Diakses Tanggal 24 Februari 2024.
- Brown, S. E., Miller, D. C., Ordonez, P. J., & Baylis, K. (2018). Evidence for the impacts of agroforestry on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in high-income countries: a systematic map protocol. *Environmental evidence*, 7, 1-16.
- Danial, M. M. R. Purnaini, & J. Astarani. (2023). Pengolahan air laut untuk bisnis air minum isi ulang untuk peningkatan usaha BUMDES Serati, Desa Sungai Itik, Kecamatan Sungai Kakap, Kubu Raya. *Jurnal Pengabdian*, 6(1), 1-13.
- Ditjenbun Pertanian. (2022). *Indonesia kaya dengan pangan lokal alternatif hadapi krisis pangan*. <https://ditjenbun.pertanian.go.id/indonesia-kaya-dengan-pangan-lokal-alternatif-hadapi-krisis-pangan/>. Diakses Tanggal 24 Februari 2024.
- Dirjen PSP. (2023). *Master Plan Pengembangan Pertanian Presisi*. Edisi ke-1. h Penerbit Agro Indo Mandiri. Bogor.
- Global Food Security Index. (2022). *Economist Impact*. Country report: Indonesia.

- Jannah, R., & Asran, A. (2023). Studi pengaruh pencahayaan lampu led dan lampu pijar terhadap pertumbuhan tanaman hidroponik. *Jurnal Energi Elektrik*, 12(2), 35-44.
- Javlec Indonesia. (2018). *Keterbatasan Akses Lahan, Problem Kesejahteraan Masyarakat Perdesaan*. <https://javlec.org/keterbatasan-akses-lahan-problem-kesejahteraan-masyarakat-perdesaan/>. Diakses Tanggal 7 Maret 2024.
- Kendall, H., Clark, B., Li, W., Jin, S., Jones, G. D., Chen, J., ... & Frewer, L. J. (2022). Precision agriculture technology adoption: a qualitative study of small-scale commercial “family farms” located in the North China Plain. *Precision Agriculture*, 1-33.
- Kumbhare, S., Ubale, S. A., Dharmale, G., Mhala, N., & Gandhewar, N. (2024). IoT-enabled agricultural waste management for sustainable energy generation. *Int. J. Intell. Syst. Appl. Eng.*, 12(13), 477-482.
- Kutananda, A. M. C., & Titah, H. S. (2022). Kajian desalinasi air laut menggunakan sistem reverse osmosis sebagai pemenuhan kebutuhan air tawar kampung wisata apung, Malahing, Kota Bontang dan SDGs Poin 6. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3), D107-D112.
- Lee, C., & Wang, Y. J. (2020). Development of a cloud-based IoT monitoring system for Fish metabolism and activity in aquaponics. *Aquacultural Engineering*, 90, 102067.
- Lermating, K. F., Aidore, H. J. Y., & Paiki, F. D. (2024). Ketersediaan dan aksesibilitas pangan lokal: implikasinya terhadap ketahanan pangan di Distrik Konda Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat Daya. *Jurnal Administrasi Terapan*, 3(1), 102-110.
- Muhammad, F., Jafron, W.H., Solikhin., Arizal, R., dan Hafiz, R.D. (2021). Pemanfaatan air laut menjadi air tawar menggunakan prinsip desalinasi (studi kasus: Desa Punjulharjo, Kabupaten Rembang). *Jurnal Abdi Insani Universitas Mataram*. 8(1), 25-31.
- Minolta, K. (2020). *Digital agriculture: how Dutch farmers use precision farming for floriculture*. Konica Minolta Business Solutions Europe GmbH. https://www-konicaminolta-eu.translate.google.com/en/rethink-work/business/digital-agriculture-how-dutch-farmers-use-precision-farming-for-floriculture?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc. Diakses Tanggal 8 Oktober 2024.
- Nestle. (2022). *Mengenal konsep pertanian regeneratif dan manfaatnya*. <https://www.nestle.co.id/kisah/konsep-pertanian-regeneratif-dan-manfaatnya>. Diakses Tanggal 7 Maret 2024.
- Nugroho, H. Y. S. H., Indrawati, D. R., Wahyuningrum, N., Adi, R. N., Supangat, A. B., Indrajaya, Y., ... & Hani, A. (2022). Toward water, energy, and food security in rural Indonesia: A review. *Water*, 14(10), 1645.
- Onyango, C. M., Nyaga, J. M., Wetterlind, J., Söderström, M., & Piikki, K. (2021). Precision agriculture for resource use efficiency in smallholder farming systems in sub-saharan africa: A systematic review. *Sustainability*, 13(3), 1158.
- PBB. (2013). *World population projected to reach 9,6 billion by 2050*. United Nations. Department of Economic and Social Affairs.
- Presiden Republik Indonesia. (2020). *Sambutan Presiden RI untuk Hari Habitat Dunia Tahun 2020*.
- Peraturan Presiden. (2016). *Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 51 Tahun 2016 tentang Batas Sempadan Pantai*. Peraturan Perundang-undangan. Jakarta.
- Rendra, P. P. R., Sulaksana, N., & Alam, B. Y. (2016). Optimalisasi pemanfaatan sistem agroforestri sebagai bentuk adaptasi dan mitigasi tanah longsor. *Bulletin of Scientific Contribution*, 14(2), 117-126.

- Restanancy, P., Aini, N., & Ariffin, A. (2017). Pemanfaatan air laut sebagai alternatif irigasi pada tanaman jagung semi (*Zea mays* L.). *Doctoral dissertation*, Brawijaya University.
- Rozaki, Z. (2020). COVID-19, agriculture, and food security in Indonesia. *Reviews in Agricultural Science*, 8, 243-260.
- Saraan, M. I. K., & Rambe, R. F. A. K. (2023). Kebijakan Pengembangan Inovasi Teknologi Pertanian Presisi di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Kajian Agraria Dan Kedaulatan Pangan (JKAKP)*, 2(1), 1-5.
- Sukanteri, N. P., Lestari, P. F. K., & Suryana, I. M. (2018). Adopsi Teknologi Sistem Pertanian Terintegrasi Bagi Petani Dalam Usaha Memaksimalkan Keuntungan dan Utilitas. *AGRIMETA: Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem*, 8(16).
- Sudirman, S., Sukardi, F. Z., & Anugerah, N. O. (2023). *Implementasi sistem informasi manajemen pertanian untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pada usaha tani padi*.
- Solihin, L., & Bachtiar, R. (2023). Fluktuasi harga beras di Kabupaten Tangerang tahun 2020-2022. *Agrisintech (Journal of Agribusiness and Agrotechnology)*, 4(2), 70-76.
- Shaffitri, L. R., Astari, A. F., & Azis, M. (2023). Volatilitas harga gandum dunia periode pandemi covid 19 dan implikasinya bagi ketahanan pangan nasional. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 21(2), 145-159.
- Thakur, P., Malhotra, M., & Bhagat, R. M. (2023). Role of AI in automated hydroponic system: A review. *In AIP Conference Proceedings* (Vol. 2878, No. 1). AIP Publishing.
- Water Network Research. (2015). *Smart floating farms: a farm that floats on water could help solve global food shortage*. <https://thewaternetwork.com/article-FfV/smart-floating-farms9rpArW93pqv6M-fPE6clPA>. Diakses Tanggal 24 Februari 2024.
- Widyastuti, S. (2018). *Manajemen Komunikasi Pemasaran Terpadu: Solusi Menembus Hati Pelanggan*. In Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Pancasila Press. FEB-UP Press.
- Worldometers. (2023). *Indonesia population in 2023*. <https://www.worldometers.info/world-population/indonesia-population/>. Diakses Tanggal 24 Februari 2024.
- World Wildlife Fund (WWF). (2021). *Climate & Energy At Wwf*. https://wwf.panda.org/discover/our_focus/climate_and_energy_practice/. Diakses Tanggal 6 Februari 2024.
- Zulfikar, F. (2021). *10 Negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia, indonesia nomor berapa?*. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5703755/10-negara-dengan-jumlah-penduduk-terbesar-di-dunia-indonesia-nomor-berapa>. Diakses Tanggal 24 Februari 2024.