

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perikanan budidaya merupakan salah satu sektor produksi pangan yang sangat menjanjikan. Proyeksi bisnis di Indonesia mengindikasikan bahwa perikanan budidaya akan tumbuh hingga lebih dari 10.1 ton per tahun, menciptakan 8.9 juta lapangan kerja yang setara dengan pekerjaan purna-waktu dalam bidang produksi dan akan menjadi sektor dengan nilai produksi USD 39.5 miliar pada tahun 2030 (Phillips M *et al.*, 2016). Sektor perikanan dan kelautan memiliki peran penting dalam perekonomian nasional Indonesia. Selain menyediakan sumber protein dan makanan, sektor ini juga menyumbang devisa melalui ekspor dan menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat pesisir dan petani ikan (Fachri, Supriana and Baharuddin, 2021).

Udang merupakan salah satu jenis budidaya perikanan yang menjadi komoditi perikanan yang potensial untuk menggantikan ekspor komoditi migas Indonesia (Rakhfid and Mauga, 2018). Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan jenis udang yang mudah dibudidayakan di Indonesia, karena udang ini memiliki banyak keunggulan (S. Sumeru, 2009). Udang putih (*Litopenaeus vannamei*) mempunyai keunggulan komparatif dibanding jenis lainnya, antara lain: sintasan tinggi, ketersediaan benur yang berkualitas, kepadatan tebar tinggi, tahan penyakit dan konversi pakan rendah (Sahrijanna and Sahabuddin, 2014). Udang Vaname memiliki keunggulan lebih resisten terhadap kondisi lingkungan dan penyakit (Amri dalam Rafkhfid dkk, 2017).

Budidaya udang di Indonesia telah mengalami pertumbuhan yang pesat dalam beberapa dekade terakhir, terutama karena meningkatnya permintaan pasar domestik dan internasional. Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*), yang dikenal dengan nama udang putih, telah menjadi komoditas utama dalam sektor perikanan akuakultur di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor seperti tingkat pertumbuhannya yang cepat, adaptasinya terhadap berbagai kondisi lingkungan, serta nilai ekonomisnya yang tinggi (Fachri, Supriana and Baharuddin, 2021) (Sazili *et al.*, 2023).

Posisi Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa dengan musim hujan dan kemarau yang tetap, menyebabkan Indonesia mampu memproduksi udang vaname sepanjang tahun (WWF-Indonesia, 2014). Untuk menghasilkan komoditas udang vaname yang unggul, maka proses pemeliharaan harus memperhatikan aspek internal yang meliputi asal dan kualitas benih; serta faktor eksternal mencakup kualitas air budidaya, pemberian pakan, teknologi yang digunakan, serta pengendalian hama dan penyakit (Haliman and Adijaya, 2005).

Meskipun mempunyai banyak keunggulan, namun apabila kondisi lingkungan seperti kualitas air tidak sesuai dengan standar untuk budidaya tentu dapat menyebabkan kematian dan akhirnya kerugian dalam usaha budidaya. Cara yang ditempuh dapat ditinjau dari faktor fisika, kimia dan biologi perairan, diantaranya meliputi kegiatan monitoring, pengelolaan kualitas air dan perlakuan jika terjadi penyimpangan nilai optimal parameter kualitas air (Putra and Manan, 2014).

Pengelolaan kualitas air merupakan suatu cara untuk menjaga parameter kualitas air sesuai dengan baku mutu bagi kultivan (Fuady and Supardjo, 2013). Air merupakan media hidup udang, yang di dalamnya terdapat kandungan oksigen terlarut untuk pernafasan, makanan dan sumber beberapa mineral bagi udang. Oleh karena itu air yang akan digunakan untuk budidaya udang harus disiapkan agar memenuhi standar kebutuhan tersebut.

Permasalahan utama yang sering ditemukan dalam kegagalan produksi udang vaname adalah buruknya kualitas air selama masa pemeliharaan, terutama pada tambak intensif (Sulastri Arsad, 2017). Pengelolaan kualitas air merupakan faktor krusial dalam budidaya udang vaname. Udang vaname, seperti halnya organisme akuatik lainnya, sangat bergantung pada kondisi kualitas air untuk pertumbuhan, kesehatan, dan kelangsungan hidupnya. Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan berbagai masalah,

termasuk penurunan nafsu makan, peningkatan tingkat stres, dan bahkan kematian udang (Akbarurrasyid *et al.*, 2022).

Selain itu jumlah pakan yang cukup tinggi juga menjadi permasalahan dalam pemeliharaan udang vaname. Menurut (Boyd and Tucker, 1998), bahwa budidaya udang intensif dengan jumlah pakan yang cukup tinggi berdampak pada meningkatnya limbah budidaya yang berasal dari sisa pakan, feces dan metabolit udang dan bila dibuang ke luar akan mengotori lingkungan sehingga dapat mencemari lingkungan budidaya di sekitarnya. Manajemen pakan yang baik dapat menghasilkan udang dengan pertumbuhan yang optimal, dasar kolam yang bersih serta kualitas air yang stabil.

Pengelolaan kualitas air merupakan suatu cara untuk menjaga parameter kualitas air sesuai dengan baku mutu bagi kultiva. Parameter-parameter itu merupakan suatu indikator untuk melihat kualitas air seperti oksigen terlarut (DO), karbondioksida (CO) bebas, pH, suhu, kecerahan, salinitas, amonia, dan nitrit (Fuady and Supardjo, 2013). Kualitas air dapat berubah selama pemeliharaan sebagai akibat faktor internal dan eksternal lingkungan tambak, sehingga upaya pengelolaan air yang tepat harus dapat dilaksanakan untuk mempertahankan kualitas air tetap baik (Mangampa, 2014).

Perubahan parameter kualitas air misalnya pada perubahan suhu akan menyebabkan nafsu makan menurun dan banyak kalori yang hilang sehingga dapat menyebabkan kematian (Fuady & Nitisupardjo, 2013). Setiap perubahan parameter kualitas air diluar nilai rentang standar hidup udang berdampak pada pola hidup dan perkembangannya bahkan dapat menyebabkan kematian. Oleh karena itu diperlukan pengukuran kualitas air secara *real time* dan pengendalian parameter agar tetap konstan direntang nilai yang diijinkan.

Monitoring dan kualitas air belum dapat digunakan secara maksimal dikarenakan rendahnya tingkat penerapan teknologi. Berdasarkan observasi yang dilakukan pada beberapa tambak di Kabupaten Takalar dan Bulukumba, diperoleh data bahwa adanya kondisi kesulitan petambak dalam memantau terhadap kondisi parameter kualitas air di tambak udang. Selain itu juga kesulitan dalam penentuan tindakan yang tepat jika terjadi kondisi air yang tidak optimal dengan melihat beberapa parameter disesuaikan dengan tindakan yang harus dilakukan. Dalam pengelolaan kualitas air di tambak saat ini masih dilakukan secara konvensional dengan pengukuran parameter kualitas air pada waktu tertentu setiap hari dengan menggunakan alat ukur seperti DO meter, pH meter, thermometer, salinometer dan turbidimeter, dimana pengukuran dilakukan pada waktu yang telah ditentukan. Selain itu pengukuran visual juga masih dilakukan secara manual dengan melihat banyaknya sisa pakan yang terdapat di alat ancho. Apabila dalam pengukuran terdapat kondisi parameter kualitas air yang tidak optimal sesuai standarnya maka dilakukan tindakan *early warning system* dalam penanganan yang juga dilakukan secara konvensional oleh pekerja tambak seperti penggunaan kincir, penggantian air, penambahan air, pemberian pupuk, pemberian kapur serta melakukan siphon kolam tambak. Dalam melakukan tindakan tersebut, petambak mengalami kesulitan dalam mengambil keputusan berdasarkan pembacaan parameter kualitas air sebab untuk setiap keputusan tindakan penanganan yang harus dilakukan diperlukan pembacaan dari beberapa parameter kualitas air.

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan telah mendorong manusia untuk menjadikan segala hal menjadi lebih baik dan berkualitas, salah satunya dalam bidang budidaya udang vaname. Penggunaan sistem cerdas pada pemantauan kualitas air menunjukkan potensi besar dalam mendeteksi, menganalisis, dan merespons perubahan kualitas air secara efektif melalui otomatisasi penggunaan sensor, sistem kontrol, pengolahan data, penyimpanan data, serta antarmuka pengguna (Irfan Wahyu Ramadhan and Firdaus, 2024).

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka dalam penelitian ini dibuat suatu sistem pengambilan keputusan cerdas terhadap tindakan *Early Warning System* pada kualitas air tambak udang. Sistem ini dapat memonitoring secara *real time* pengukuran terhadap 6 parameter kualitas air berdasarkan beberapa parameter yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan udang vaname dengan menggunakan teknologi *Internet of Things*. Dengan menggunakan pendekatan algoritma YOLO dalam mendeteksi sisa pakan udang untuk melihat pengukuran secara visual dalam kolam tambak. Berdasarkan pengukuran serta monitoring kualitas air yang dilakukan tersebut maka dengan logika fuzzy dalam pengambilan keputusan untuk melakukan tindakan penanganan jika terdapat kondisi parameter kualitas air yang tidak optimal sehingga memudahkan petambak dalam pengelolaan budidaya udang di tambak.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang masalah, maka dirumuskan masalah yang dihadapi terkait dengan penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana mendeteksi sisa pakan dalam kolam tambak dengan algoritma YOLO?
2. Bagaimana melakukan monitoring pengukuran 6 parameter kualitas air yang dibutuhkan dalam pengelolaan air tambak secara real time dengan menggunakan *Internet of Things* kolam tambak udang intensif?
3. Bagaimana membuat model sistem pengambilan keputusan tindakan early warning system pada kolam tambak udang dengan logika *fuzzy* berdasarkan hasil pengukuran terhadap 6 parameter kualitas air?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendeteksi sisa pakan dalam kolam tambak dengan algoritma YOLO.
2. Melakukan monitoring pengukuran 6 parameter kualitas air yang dibutuhkan dalam pengelolaan air tambak secara real time dengan menggunakan *Internet of Things* kolam tambak udang intensif.
3. Membuat model sistem pengambilan keputusan tindakan early warning system pada kolam tambak udang dengan logika *fuzzy* berdasarkan hasil pengukuran terhadap 6 parameter kualitas air.

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil penelitian ini memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan kemudahan bagi petambak udang dalam memonitoring kualitas air dalam kolam sehingga dapat meningkatkan produksi udang.
2. Menghasilkan sistem kendali cerdas kualitas air berbasis aplikasi sensor, logika *fuzzy* dan *deep learning*.
3. Menambah khasanah penelitian tentang sistem kendali cerdas kualitas air dalam kolam tambak udang.
4. Memberi kontribusi pada bidang penelitian terkait monitoring kualitas air serta pengambilan keputusan dalam tindakan early warning system di tambak udang.
5. Mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi bagi para akademisi.

1.5 Batasan Masalah

Sesuai dengan fokus penelitian yang dilakukan maka batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Parameter yang digunakan dalam memonitoring dan pengukuran kualitas air tambak udang adalah suhu, salinitas, kekeruhan, pH, *Dissolved Oxygen* serta jarak ketinggian air.
2. Penelitian ini berfokus dalam memonitoring pengukuran kualitas air tambak udang dengan teknologi *Internet of Things* dan pengambilan keputusan terhadap tindakan penanganan yang harus dilakukan di tambak menggunakan pendekatan logika *fuzzy*. Tindakan penanganan yang diperlukan dalam tambak terkait kondisi parameter yang tidak optimal berada di luar ruang lingkup penelitian ini.
3. Penelitian ini melakukan pengukuran dan pengujian pada kolam udang dengan kategori intensif.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan hasil studi literatur yang dilakukan terkait dengan berbagai penelitian yang berfokus pada sistem pengambilan keputusan cerdas kualitas air tambak udang dengan menggunakan pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan kecerdasan buatan dapat diperoleh kesimpulan bahwa kondisi kualitas air yang tidak optimal dapat mengakibatkan terganggunya kelangsungan hidup udang sehingga diperlukan pantauan secara teratur. Hal ini dapat dilakukan dengan monitoring kualitas air tambak dengan menggunakan sensor disesuaikan dengan parameter kualitas air yang diukur dalam mendeteksi agar kondisi kualitas air tambak dalam kondisi optimal sesuai standar yang dibutuhkan pada budidaya udang. Selanjutnya dapat dikembangkan dengan membuat suatu model yang dapat menentukan pengambilan keputusan terhadap tindakan *Early Warning System* dalam tambak udang berdasarkan beberapa parameter kualitas air.

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah pada pemanfaatan teknologi *Internet of Things* dalam merancang sistem yang dapat memonitoring kualitas air tambak udang dimana hasil pengukuran dapat dilihat secara *real time*. Dengan memanfaatkan algoritma YOLO maka dilakukan deteksi secara visual terhadap sisa pakan dan kotoran dalam kolam tambak yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas air. Selain itu dengan menggunakan metode logika *fuzzy* dapat dilakukan pengambilan keputusan terhadap perlakuan pada kondisi parameter-parameter kualitas air yang tidak optimal sebagai bentuk *early warning system* pengelolaan kualitas air tambak udang. Berdasarkan data pengukuran hasil monitoring sistem tersebut maka didapatkan keputusan tindakan penanganan yang tepat jika terdapat kondisi yang tidak optimal dalam pengukuran parameter kualitas air tersebut.

Novelty dalam penelitian mengacu pada unsur kebaruan atau keorisinilan dalam suatu studi atau penelitian. *Novelty* atau keterbaruan yang diharapkan dalam penelitian ini, sehingga memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya terkait pemanfaatan teknologi dan kecerdasan buatan untuk mendukung budidaya udang, sebagai berikut:

1. Model deteksi sisa pakan udang dalam kolam tambak udang intensif dengan menggunakan *algoritma YOLO*
2. Menghasilkan sistem deteksi dan monitoring kualitas air tambak udang dengan menggunakan 6 parameter penting dalam pengukuran kualitas air tambak udang yakni suhu, pH, *Dissolved Oxygen*, kekeruhan, salinitas serta jarak ketinggian air yang dapat dipantau secara *real time* pada kolam tambak udang .
3. Menghasilkan suatu model pengambilan keputusan terhadap kondisi kualitas air yang tidak optimal dalam kolam tambak udang sebagai *early warning system* berdasarkan kecerdasan yang dibangun dari pengalaman *expert* dengan menggunakan logika *fuzzy*.

1.7 Kerangka Konseptual

Udang vaname merupakan spesies yang dibudidayakan di Indonesia mulai awal tahun 2000-an. Udang vaname mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan spesies udang lainnya. Berdasarkan penelitian Boyd dan Clay (2002), produktivitasnya mencapai lebih dari 13.600 kg/ha. Produktivitas yang tinggi disebabkan udang vaname mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan spesies jenis lainnya, antara lain tingkat kelulushidupan tinggi, ketersediaan benur yang berkualitas, kepadatan tebar tinggi, tahan penyakit dan konversi pakan rendah. Kualitas air sangat mempengaruhi kelangsungan hidup udang vaname sebagai organisme yang hidup dan berkembang di dalam air dari saat ditebar sampai dipanen. Pengelolaan kualitas air secara baik dan benar menjadi hal yang sangat penting untuk menghindari kegagalan dalam budidaya udang vaname.

Kualitas air tambak sangat berpengaruh terhadap kesehatan udang vaname. Kualitas air yang baik mampu mendukung pertumbuhan udang secara optimal. Beberapa parameter kualitas air yang harus selalu dimonitoring yakni suhu, salinitas, pH air, kandungan oksigen terlarut, amoniak, kecerahan air. Parameter-parameter tersebut akan mempengaruhi proses metabolisme tubuh udang, seperti keaktifan mencari makan, proses pencernaan dan pertumbuhan udang (Haliman dan Adijaya, 2005).

Manajemen kualitas air adalah merupakan suatu upaya memanipulasi kondisi lingkungan sehingga berada dalam kisaran yang sesuai untuk kehidupan dan pertumbuhan udang. Di dalam usaha perudangan, diperlukan untuk mencegah aktivitas manusia yang mempunyai pengaruh merugikan terhadap kualitas air dan produksi udang (Widjanarko, 20015). Kualitas air dinyatakan dengan beberapa parameter yaitu parameter fisika (salinitas, suhu air dan kecerahan), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, konsentrasi karbon dioksida, ammonia dan asam sulfida), dan parameter biologi (keberadaan plankton, bakteri, dan sebagainya (Raswin, 2003).

Permasalahan yang diangkat dalam pengelolaan kualitas air adalah kesulitan para petambak dalam memantau parameter-parameter kualitas air setiap saat. Beberapa permasalahan utama yang menjadi fokus penelitian dalam domain ini adalah kesulitan petambak dalam pemantauan kualitas air yang saat ini masih dilakukan secara konvensional dengan menggunakan alat ukur parameter di tambak. Standar kualitas air diukur berdasarkan standar kriteria parameter kualitas air pada budidaya tambak udang vaname berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: KEP.28/MEN/2004 tentang pedoman budidaya udang di tambak. Pada kolam udang intensif, pengukuran parameter kualitas air selama dalam proses pemeliharaan pertumbuhan udang rutin dilakukan sebanyak 3 kali setiap hari.

Selain itu limbah pakan juga menjadi permasalahan di kolam tambak. Udang merupakan hewan yang tidak efisien dalam memanfaatkan pakan, Dalam kondisi tidak terkontrol udang hanya memanfaatkan sekitar 70-80% pakan dan sisanya 20-30% terbuang ke lingkungan sehingga akan berpengaruh terhadap kualitas air pada tambak (Junda, Hasrah and Hala, 2012). Hal ini akan menyebabkan pembusukan sisa pakan dan penurunan kualitas air karena akumulasi bahan organik yang tinggi dan senyawa toksik yang dihasilkan yaitu nitrit (NO₂) dan amonia (NH₃) (Wulandari, Widyorini and Wahyu, 2015)

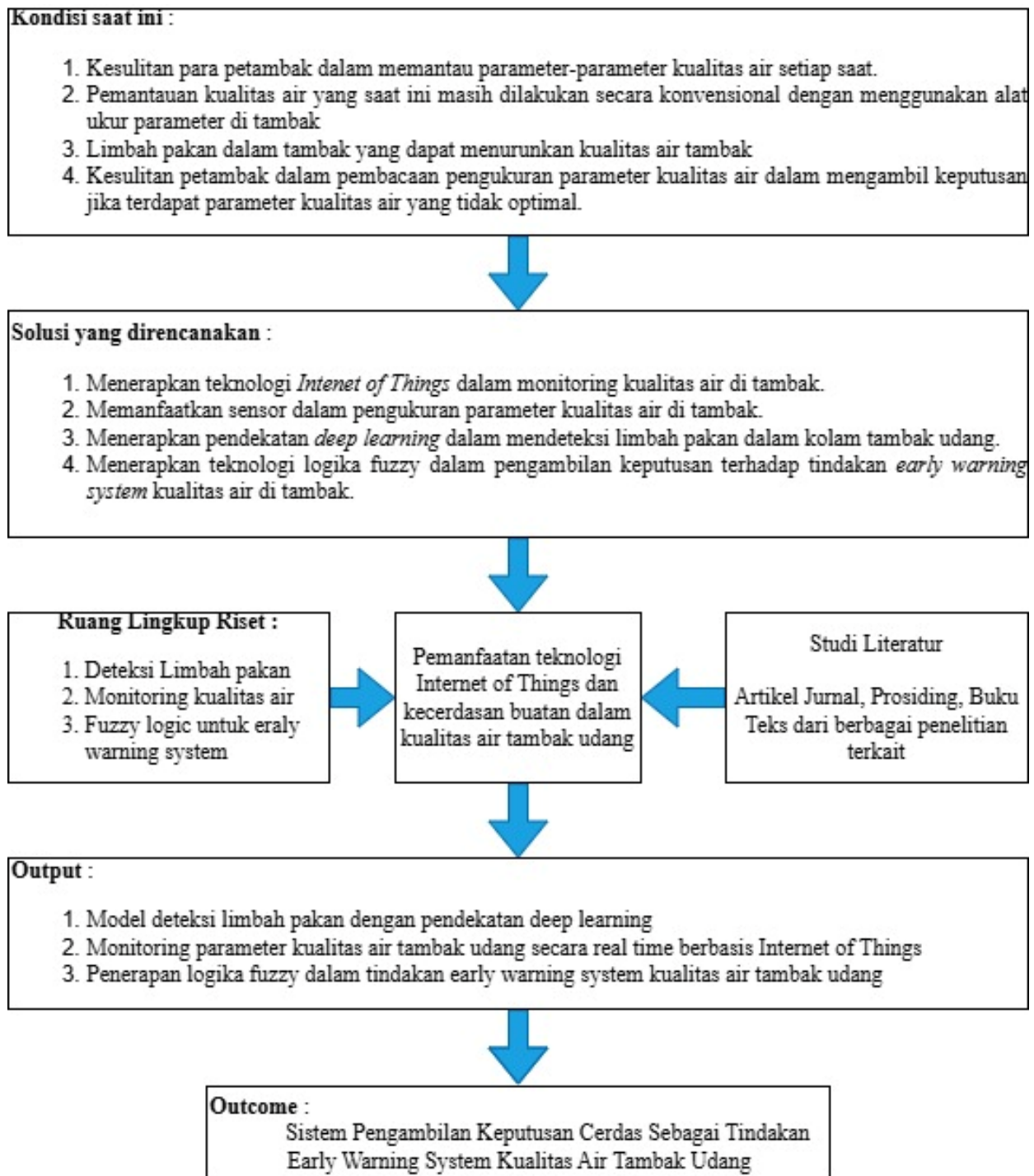
Permasalahan selanjutnya adalah kesulitan petambak dalam mengambil keputusan jika terdapat parameter kualitas air yang tidak optimal. Terdapat beberapa penanganan yang harus dilakukan dalam budidaya udang yakni penggantian air, penambahan air, pemupukan, pengapuran, putar/penambahan kincir serta melakukan siphon. Penanganan tindakan diperoleh berdasarkan pembacaan pengukuran parameter kualitas air. Petambak mengalami kesulitan dalam memutuskan tindakan karena diperlukan pembacaan bukan hanya dari 1 parameter tetapi dari beberapa parameter kualitas air.

Permasalahan yang dihadapi para petambak dapat diatasi dengan memanfaatkan teknologi sistem kendali cerdas yang menerapkan teknologi *Internet of Things* dan kecerdasan buatan dalam melakukan monitoring kualitas air dan mengambil keputusan dalam menentukan tindakan penanganan yang tepat untuk dilakukan sebagai bentuk *early warning system* pada budidaya udang. Implementasi sistem cerdas memberikan solusi yang efektif dalam mengatasi tantangan kritis terkait kualitas air, seperti pencemaran, pemantauan *real time*, dan pengelolaan sumber daya air yang efisien sebab menunjukkan potensi besar dalam mendeteksi, menganalisis, dan merespons perubahan kualitas air secara efektif melalui otomatisasi penggunaan sensor, sistem kontrol, pengolahan data, penyimpanan data, serta antarmuka pengguna (Irfan Wahyu Ramadhan and Firdaus, 2024).

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan menerapkan teknologi *Internet of Things* dalam monitoring parameter kualitas air tambak udang sehingga petambak tidak perlu melakukan pengukuran langsung di tambak dan cukup dipantau dari jarak jauh (Irawan *et al.*, 2021). Penggunaan sistem *Internet of Thing* (IoT) dalam budidaya udang memiliki banyak keuntungan yang akan didapat oleh para petambak seperti memungkinkan dilakukannya pemantauan dini dan pengendalian pH air, sehingga segala macam tindakan antisipatif bisa dilakukan sejak awal dan mendeteksi dan mengontrol parameter air seperti soal suhu air, nilai pH, oksigen terlarut, ketinggian air, serta mampu mendeteksi sejak awal bau busuk dan amonia yang muncul di dalam air (Wahyuni Sabran *et al.*, 2023). Dengan memanfaatkan teknologi IoT, pembudidaya, misalnya bisa memanfaatkan *node sensor* untuk mengumpulkan data tentang kualitas air secara real time, dan kemudian sensor tersebut akan mengirimkan data ke prosesor arduino dan data akan diproses (Abinaya, Ishwarya and Maheswari, 2019). Prediksi kualitas air juga telah dilakukan dengan pendekatan *Deep Learning* (Rasheed Abdul Haq and Harigovindan, 2022).

Sistem cerdas harus mampu minimal mendeteksi lingkungan dan dapat mengambil keputusan serta pengendalian (Kuswadi, 2007). Selain itu teknologi *fuzzy logic* dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam kesulitan petambak dalam mengambil keputusan tindakan *early warning system* di tambak jika kondisi tidak optimal. Teknik kendali *fuzzy* mampu mengadopsi pengetahuan operator menjadi aturan-aturan *fuzzy*, yang dikenal dengan *human based expert* (Raibert, 1986).

Secara ringkas rangkuman berbagai teori yang mendasari penelitian ini dan telah dibahas pada paragraf-paragraf sebelumnya disajikan dalam sebuah diagram kerangka konsep penelitian yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Kerangka konsep penelitian

1.7.1 State of the art

Untuk mendukung penelitian dalam memberikan gambaran tentang perkembangan terkini dalam topik penelitian yang dilakukan, maka dilakukan studi untuk melihat berbagai penelitian relevan yang telah dilaksanakan oleh berbagai peneliti terdahulu. Berikut pada tabel 1 menyajikan penelitian-penelitian terkait yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.

Tabel 1 *State of the art* penelitian terkait

No	Judul	Penulis	Metode
1	<i>Water Quality Control for Shrimp Pond Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System : The First Project</i>	Umam & Budiarto (2017)	Merancang sistem kontrol kualitas air dengan parameter suhu, pH, Do dan ketinggian air. Rancangan ini sebagai kontrol pengaktifan pompa air menggunakan metode <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> .
2	<i>Design of Water Quality Control for Shrimp Pond Using Sensor-Cloud Integration</i>	Maman Soemantri, et al (2018)	Kontrol aerator berdasarkan monitoring kualitas air dengan parameter pH dan suhu
3	<i>Fuzzy Logic Based Control System Temperature, pH and Water Salinity on Vanammei Shrimp Ponds</i>	Vivien, et al (2018)	Pengambilan keputusan kondisi putaran kincir dan pompa air dengan membuat prototype pengontrolan temperatur, pH dan salinitas menggunakan <i>fuzzy logic</i>
4	Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Windu Dengan Metode <i>Fuzzy Logic Control</i> Menggunakan Mikrokontroler NI myRIO	Ayu, et al (2018)	Membuat prototype pengontrolan dan monitoring dengan 3 parameter yakni suhu, salinitas dan kekeruhan dengan metode <i>Fuzzy Logic Controller</i> sebagai pendukung keputusan untuk menentukan kualitas air tambak udang windu dan mengontrol aktuator.
5	Deteksi dan Klasifikasi Kerusakan Jalan Aspal Menggunakan Metode YOLO berbasis Citra Digital	Ravy Hayu Pramestya (2018)	Mendeteksi dan mengklasifikasi citra kerusakan jalan dengan menggunakan metode YOLO.
6	Pengambilan keputusan untuk kualitas air pada tambak udang menggunakan <i>Fuzzy Logic Controller</i>	Indra,et al (2019)	Klasifikasi level kondisi kualitas air dengan <i>fuzzy logic</i> menggunakan 3 parameter yakni suhu, pH dan salinitas
7	<i>Fuzzy Logic-based Control System for Dissolved Oxygen Control on Indoor Shrimp Cultivation</i>	Dikdo, et al (2019)	Merancang sistem kontrol DO menggunakan <i>fuzzy logic</i> dimana hasilnya dapat mempertahankan oksigen terlarut pada nilai yang dapat diterima sekitar 6 ppm
8	<i>Detection of Workers Without the Helments in Videos Based on YOLO V3</i>	Jing Hu, et al (2019)	Mendeteksi pekerja di bidang konstruksi yang tidak menggunakan helm dengan metode YOLO
9	<i>Design and Implementation of Embedded Water Quality Control and Monitoring System for Indoor Shrimp Cultivation</i>	Oskar Natan, et al (2019)	Kontrol Dissolved Oxygen, salinitas, pH dan suhu pada kolam mini dengan metode <i>fuzzy</i> berbasis IoT
10	<i>Real time water quality monitoring of aquaculture pond using wireless sensor network and internet of things</i>	Wasana Boonsong, et al (2020)	Implementasi monitoring kualitas air dengan parameter suhu, DO dan pH secara real time

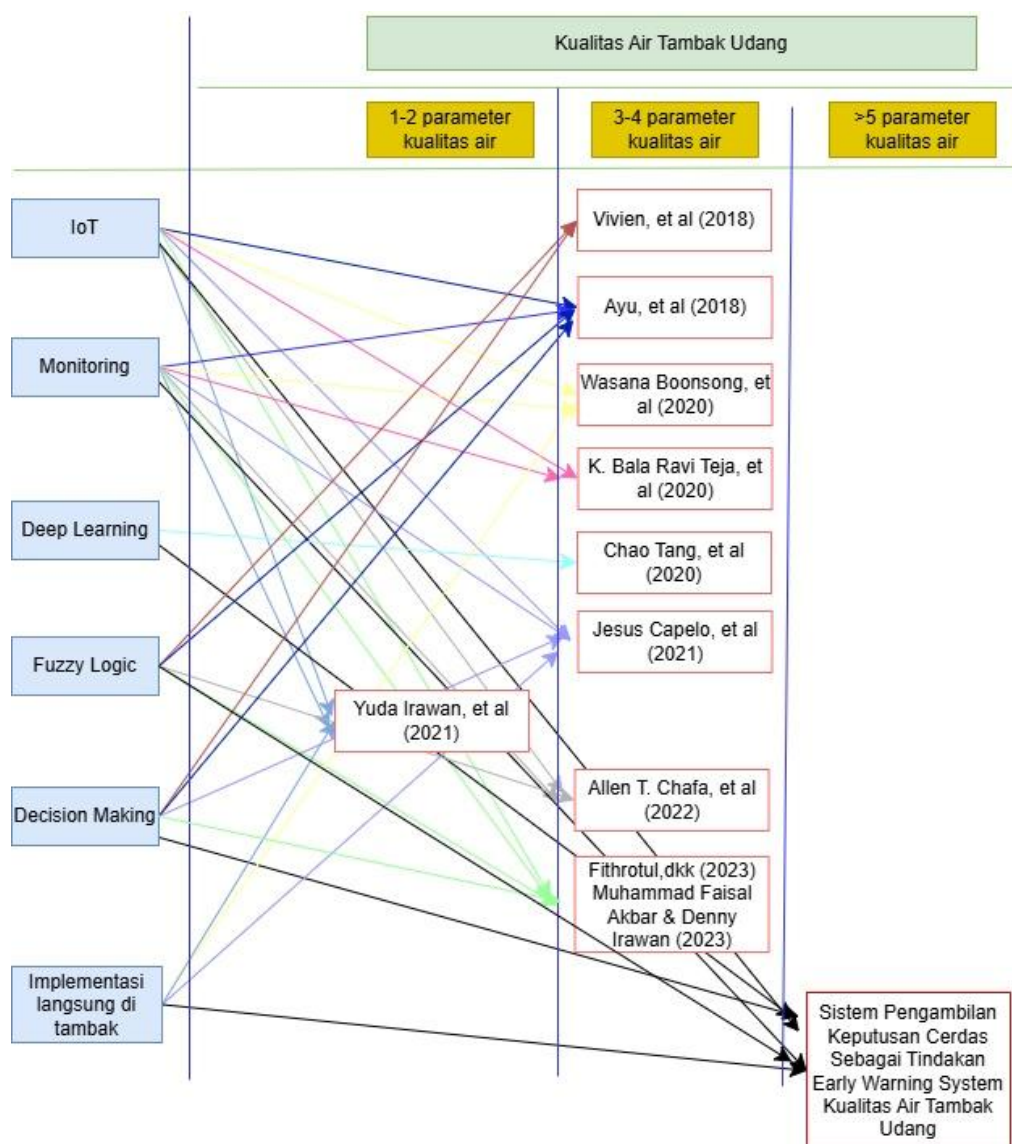
No	Judul	Penulis	Metode
11	<i>Aquaculture monitoring system using IoT</i>	L Ashok Kumar, et al (2020)	Prototype sistem monitoring temperatur, DO dan Ph
12	<i>Smart Monitoring System for Pond Management and Automation in Aquaculture</i>	K. Bala Ravi Teja, et al (2020)	Monitoring suhu, pH dan jarak ketinggian air pada kolam mini buatan
13	<i>An improved YOLOv3 algorithm to detect molting in swimming crabs against a complex background</i>	Chao Tang, et al (2020)	Deteksi molting pada kepiting
14	<i>Wireless Sensor Network (WSN) Model for Shrimp Culture Monitoring using Open Source IoT</i>	Chalamala Srinivas Goud, et al (2020)	Prototype monitoring pH, suhu dan DO berbasis IoT
15	<i>YOLO-Based Deep Learning Framework for Olive Fruit Fly Detection and Counting</i>	Nariman Mamdouh & Ahmed Khattab (2021)	Mendeteksi dan menghitung jumlah lalat buah di kebun zaitun
16	<i>Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Deteksi Nyeri Bayi Melalui Citra Wajah Dengan YOLO</i>	Tomy Abuzairi, dkk (2021)	Mendeteksi rasa nyeri terutama pada bayi 0-12 bulan dengan menggunakan model <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) dengan algoritma <i>You Only Look Once</i> (YOLO)
17	<i>Raspberry Pi-based IoT for shrimp farms Real-time remote monitoring with automated system</i>	Jesus Capelo, et al (2021)	Kontrol <i>on off</i> aerator dari jarak jauh pada kolam berdasarkan monitoring suhu, salinitas, oksigen terlarut, dan pH
18	<i>Smart System and Monitoring of Vanammei Shrimp Ponds</i>	Vivien, et al (2021)	Monitoring salinitas dan pH dalam kontrol pompa air dan kincir air berbasis <i>fuzzy logic</i>
19	<i>Implementasi Logika Fuzzy untuk Kontrol pH dan Salinitas Air Tambak</i>	Menik Nurhidayati, et al (2021)	Membuat prototype pengontrolan pH dan salinitas air tambak menggunakan <i>fuzzy logic</i> untuk pengendalian volume larutan kapur sehingga pH dan salinitas berada dalam kondisi optimal
20	<i>Monitoring dan Pengaturan Oksigen Terlarut untuk Menjaga Kualitas Air pada Budidaya Udang Vannamei Berbasis Logika Fuzzy</i>	Saeful Bahri & Ridwan (2021)	Membuat prototype sistem dengan <i>fuzzy logic</i> yang mengendalikan oksigen terlarut sebesar 5 ppm dan kualitas air berhasil dipantau melalui halaman web dengan koneksi internet secara <i>realtime</i> .
21	<i>Intelligent Quality Control of Shrimp Aquaculture Based On Real-Time System and IoT Using Mobile Device</i>	Yuda Irawan, et al (2021)	Implementasi monitoring pH dan suhu berbasis IoT pada tambak udang

No	Judul	Penulis	Metode
22	<i>Development of Monitoring System Based on Internet of Things (IoT) for Freshwater Prawn Farming</i>	Muhammad Irham Rami, et al (2022)	Prototype sistem pemantauan suhu dan ketinggian air dengan teknologi IoT
23	<i>Design of a real-time water quality monitoring and control system using Internet of Things (IoT)</i>	Allen T. Chafa, et al (2022)	Model simulasi monitoring kualitas air dan sistem kontrol kondisi air dengan parameter pH, <i>turbidity</i> dan suhu dengan metode <i>fuzzy logic</i>
24	<i>Automated Continuous IoT-Based Monitoring System for Vaname Shrimp Cultivation Management</i>	Dahnial Syauqy, et (2022)	Implementasi monitoring DO, suhu, <i>Total Dissolved Solids</i> pada tambak udang berbasis IoT
25	<i>Design and Implementation of Water Quality Monitoring System (Temperature, pH, TDS) in Aquaculture Using IoT at Low Cost</i>	Novita Dwi Susanti, et al (2022)	Implementasi monitoring suhu, pH dan <i>Total Dissolved Solids</i> pada tambak udang berbasis IoT
26	<i>Designing a Water Temperature control and Monitoring System for Vaname Shrimp cultivation based on the Internet of Things (IoT)</i>	Suka Hermawan, et al (2023)	Monitoring suhu pada tambak udang berbasis IoT
27	<i>Water Quality Monitoring Sistem at Vaname Shrimp Pond In Kalitengah District Based On The Internet Of Things</i>	Rizky Aprilia, et al (2023)	Monitoring suhu, pH, <i>turbidity</i> dan ketinggian air pada tambak udang berbasis IoT
28	<i>Penerapan Kontroler Logika Fuzzy sebagai Sarana Pendidikan untuk Mengawasi Kesehatan Air di Tambak</i>	Imam, dkk (2023)	Level kondisi kualitas air ditentukan berdasarkan 4 parameter kualitas air dengan metode <i>fuzzy logic</i>
29	<i>Water Quality Level for Shrimp Pond at Probolinggo Area Based on Fuzzy Classification System</i>	Fithrotul, dkk (2023)	Level kondisi kualitas air ditentukan berdasarkan 4 parameter kualitas air dengan metode <i>fuzzy logic</i>
30	<i>Sistem Kontrol Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Fuzzy Logic</i>	Muhammad Faisal Akbar & Denny Irawan (2023)	Membuat pengontrolan kualitas air tambak udang secara otomatis dengan merancang sebuah <i>prototype</i> alat pengontrol kualitas air tambak pada tambak udang berbasis IoT dengan metode <i>fuzzy logic</i> .
31	<i>IoT Based Integrated System to Monitor the Ideal Environment for Shrimp Cultivation with Android Mobile Application</i>	Hasan Mahmud, et al (2023)	<i>Real time monitoring</i> kualitas air dengan parameter pH, suhu, salinitas, kekeruhan dan DO berbasis android
32	<i>Internet of Aquaculture Things for Monitoring Water Temperature in Tiger Shrimp Ponds with DS18B20 Sensors and WeMos D1 R2</i>	Ramdan Satra, et al (2024)	Implementasi monitoring suhu pada tambak udang berbasis IoT

No	Judul	Penulis	Metode
33	<i>Internet of Aquaculture Things for Monitoring Water Temperature in Tiger Shrimp Ponds with DS18B20 Sensors and WeMos D1 R2</i>	Puput Dani Prasetyo Adi, et al (2024)	<i>Real time monitoring</i> salinitas, pH, kekeruhan dan DO ddengan komunikasi LORA

1.7.2 Posisi penelitian

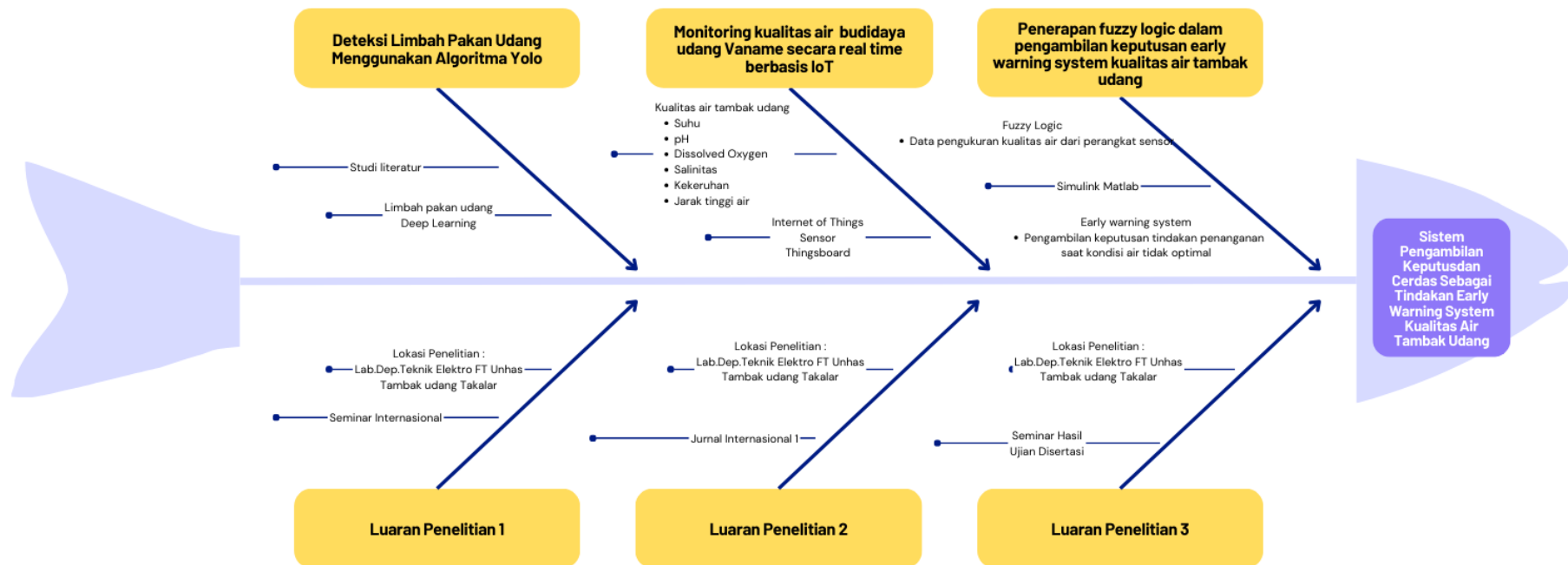
Dalam penelitian-penelitian terdahulu terkait kualitas air tambak udang, monitoring paramater kualitas air dilakukan terbatas pada beberapa parameter saja. Selain dilakukan monitoring berbasis *Internet of Things* juga menggunakan *fuzzy logic* dalam menentukan tingkat kondisi kualitas air di tambak. Penelitian terdahulu juga melakukan pengambilan keputusan terhadap penanganan kondisi kualitas air yang tidak optimal pada penanganan tertentu saja berdasarkan pembacaan hasil pengukuran sensor terhadap kualitas air tambak udang. Posisi penelitian ini memiliki kebaruan dalam hal tindakan penanganan sebagai bentuk *early warning system* dengan mengambil beberapa parameter kualitas air sehingga diperoleh keputusan tindakan yang tepat dalam penanganan kualitas air di tambak udang. Gambar 2 menunjukkan posisi penelitian terhadap *state of the art*.



Gambar 2 Diagram posisi penelitian terhadap *state of the art*

1.7.3 Tahapan penelitian

Dalam menghasilkan luaran penelitian yang diharapkan, maka dilakukan perencanaan dalam bentuk tahapan penelitian sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3 beserta target capaian dan luaran penting dalam penelitian.



Gambar 3 Diagram *fishbone* penelitian

Penelitian diawali dengan tahapan awal yakni studi literatur untuk mencari berbagai sumber pustaka yang relevan dan terkini mengenai berbagai topik terkait dengan penelitian seperti kualitas air tambak udang, siklus pertumbuhan udang, parameter yang mempengaruhi kualitas air, deteksi limbah pakan dalam kolam, *deep learning*, teknologi *Internet of Things*, sensor, *thingsboard*, *fuzzy logic*, *early warning system*, dan sebagainya. Setelah mendapatkan studi literatur kemudian masuk pada tahapan penelitian I yang menjadi fokus topik penelitian I dimana dalam tahapan ini dilakukan deteksi terhadap limbah pakan yang terdapat dalam kolam tambak udang dengan menggunakan pendekatan *deep learning*. Pendeteksian limbah pakan perlu dilakukan sebab dapat menyebabkan turunnya kualitas air sehingga menjadi racun bagi udang. Data dari penelitian I akan dikembangkan pada penelitian II dengan merancang bangun sistem monitoring kualitas air berdasarkan parameter suhu, pH, *Dissolved Oxygen*, kekeruhan, salinitas serta jarak ketinggian air berbasis *Internet of Things* dimana hasil pengukuran sensor dapat dilihat secara *real time* pada *Thingsboard* dan jika terjadi kondisi yang tidak optimal maka akan terkirim notifikasi email ke petambak. Data monitoring hasil pengukuran sensor selanjutnya digunakan dalam memodelkan tindakan penanganan *early warning system* tambak udang di penelitian III. Pada penelitian III dilakukan dengan menerapkan *fuzzy logic* dalam membuat model pengambilan keputusan terhadap tindakan penanganan yang perlu dilakukan sebagai bentuk tindakan *early warning system* jika kondisi kualitas air tambak udang tidak optimal. Luaran dari penelitian ini adalah masing-masing dua artikel pada prosiding seminar internasional terindeks yang membahas mengenai topik penelitian I, kemudian dua artikel pada jurnal internasional terindeks scopus yang isinya masing-masing membahas topik penelitian II.

1.7.4 Jenis penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang merupakan metode penelitian kuantitatif dengan membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab akibat. Penelitian eksperimen (*Experimental Research*) adalah suatu penelitian yang berusaha mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lainnya dalam kondisi yang terkontrol secara ketat. Penelitian ini diawali dengan melakukan kajian secara induktif terkait permasalahan yang hendak diatasi kemudian melakukan studi literatur yang relevan terkait dengan bidang penelitian, setelah itu penelitian dilanjutkan dengan pengumpulan data, analisa data dan masuk ke tahap pemodelan dan perancangan. Hasil dari pemodelan dan perancangan kemudian diuji implementasi lalu dilakukan evaluasi melalui analisis dan pengujian.

1.7.5 Sumber data

Sumber data dalam penelitian ini menggunakan 2 jenis data yang terdiri dari :

1. Data primer
Data primer diperoleh dengan melakukan studi dan observasi langsung di tambak udang dengan mengumpulkan data terkait pertumbuhan udang serta kualitas air yang menjadi topik penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara dengan petambak dan konsultan budidaya udang. Selain itu juga dilakukan pengamatan di kolam tambak.
2. Data sekunder
Data sekunder didapat dari studi literatur terhadap *textbook*, jurnal, *ebook* dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan terakut judul penelitian ini.

1.7.6 Instrumen penelitian

Dalam penelitian ini instrumen penelitian terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam mendukung penelitian ini, yaitu :

- a. Perangkat Keras
Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini yakni :
 1. *Personal Computer, Processor Intel Core i7*
 2. *Kamera underwater*
 3. *Sensor suhu*
 4. *Sensor pH*
 5. *Sensor salinitas*
 6. *Sensor kekeruhan*
 7. *Sensor Dissolved Oksigen*

8. Sensor Ultrasonik
9. ESP32
- b. Perangkat Lunak
 1. *Visual Studio Cod*
 2. *Simulink Matlab*
 3. *Thigsboard*
 4. Aplikasi *Yolo Mark*

1.8 Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah sebuah pernyataan sementara yang menjelaskan perilaku, gejala, atau kejadian tertentu, baik yang sudah terjadi maupun yang akan datang. Hipotesis merinci suatu masalah secara spesifik dan memiliki karakteristik penting: dapat diselidiki secara empiris, mengindikasikan hubungan antara variabel-variabel, dapat diuji melalui metode penelitian, serta berdasarkan temuan-temuan penelitian sebelumnya.

Berdasarkan kajian empirik pada pengembangan konseptual maka hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Hipotesis 1 : Pengaruh pendekatan *algoritma YOLO* terhadap deteksi gambar sisa pakan secara visual di kolam udang

Hipotesis 2 : Pengaruh teknologi *Internet of Things* dalam monitoring 6 parameter kualitas air tambak udang

Hipotesis 3 : Pengaruh *logika fuzzy* dalam menentukan model pengambilan keputusan tindakan *early warning system* kualitas air tambak udang

Tabel 2 Rumusan hipotesis dan penelitian terkait

No	Rumusan	Penelitian Terkait
H1	Pengaruh pendekatan algoritma YOLO terhadap deteksi gambar secara visual di kolam udang	(Ravy Hayu Pramestya, 2018; Chao Tang, et al (2020
H2	Pengaruh teknologi <i>Internet of Things</i> dalam monitoring kualitas air tambak udang	(Wasana Boonsong, et al, 2020; K. Bala Ravi Teja, et al, 2020; Chalamala Srinivas Goud, et al, 2020; Jesus Capelo, et al, 2021; Yuda Irawan, et al, 2021; Dahnial Syauqy, et, 2022; Novita Dwi Susanti, et al, 2022; Hasan Mahmud, et al, 2023)
H3	Pengaruh <i>logika fuzzy</i> dalam mengambil keputusan tindakan <i>early warning system</i> kualitas air tambak udang	(Vivien, et al, 2018 ; Indra, et al, 2019; Allen T. Chafa, et al, 2022; Imam, dkk, 2023; Fithrotul,dkk, 2023)

BAB II

SISTEM DETEKSI LIMBAH PAKAN UDANG DALAM TAMBAK MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO

2.1 Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem deteksi limbah budidaya udang dengan menggunakan algoritma Yolo. Udang termasuk hewan yang tidak efisien dalam memanfaatkan pakan, yaitu hanya sebesar 70-80% dan sisanya akan menjadi limbah. Hal ini akan menyebabkan pembusukan sisa pakan dan penurunan kualitas air karena akumulasi bahan organik yang tinggi dan senyawa toksik yaitu nitrit (NO_2) dan amonia (NH_3). Untuk itu, sistem deteksi limbah pakan dikembangkan pada penelitian dengan menggunakan *You Look Only Once* (YOLO) dengan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dimana menghasilkan *neuron* melalui proses konvolusi, *neuron* tersebut akan dihubungkan kembali pada proses deteksi untuk memprediksi suatu objek. Pada tahap pertama dilakukan pengumpulan gambar di dalam air sebagai data latih. Selanjutnya gambar ditandai dengan *Yolo mark*. Kemudian dilakukan *training* dimana pada tahap ini diekstrak dengan *Convolutional Neural Network Layer* yang hasilnya dijadikan sebagai *input* ke dalam *Fully Connected Layer* dan luarannya berupa *file* bobot yang akan digunakan untuk mendeteksi pakan udang. Dari pengujian yang telah dilakukan, sistem menghasilkan nilai mAP sebesar 96-97% pada *max batches* 4000-10000. Pada pengujian sistem terhadap jarak, menghasilkan mAP terbaik pada jarak 25 cm dengan nilai mAP 82.31%.

Kata kunci : Udang Vaname, Limbah pakan, Yolo, *Convolution Neural Network*

2.2 Pendahuluan

Udang merupakan salah satu jenis budidaya perikanan yang menjadi komoditi perikanan yang potensial untuk menggantikan ekspor komoditi migas Indonesia (Rakhfid and Mauga, 2018), salah satunya udang Vaname. Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan jenis udang yang mudah dibudidayakan di Indonesia, karena udang ini memiliki banyak keunggulan (S. Sumeru, 2009). Oleh karena itu, budidaya udang vaname secara intensif banyak dilakukan, selain mudah dibudidayakan, udang vaname juga bernilai ekonomis tinggi. Namun, Udang merupakan hewan yang tidak efisien dalam memanfaatkan pakan hanya sekitar 70-80% dan sisanya akan menjadi limbah yang akan berpengaruh terhadap kualitas air pada tambak. Hal ini akan menyebabkan pembusukan sisa pakan dan penurunan kualitas air karena akumulasi bahan organik yang tinggi dan senyawa toksik yang dihasilkan yaitu nitrit (NO_2) dan amonia (NH_3).

Saat proses budidaya udang vaname sudah berlangsung, pemeliharaan tambak menjadi hal penting yang harus diperhatikan. Saat ini, pemeliharaan budidaya tambak udang umumnya dilakukan secara manual dengan meninjau langsung ke dalam tambak seperti yang dilakukan dalam mengamati sisa pakan udang dalam tambak dengan alat ancho dimana alat ini berfungsi memantau laju konsumsi pakan dan memprediksi jumlah pakan yang akan ditebar selanjutnya. Hal ini dirasa kurang efisien dan kurang efektif karena masih bersifat konvensional menggunakan tenaga manusia. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem deteksi limbah pakan udang dengan menggunakan algoritma *You Look Only Once* (YOLO).

Penelitian terkait menggunakan metode algoritma YOLO dalam mendeteksi gambar yaitu Deteksi Dan Klasifikasi Kerusakan Jalan Aspal Menggunakan Metode Yolo Berbasis Citra Digital (Prameshya and Ravy Hayu, 2018). Penelitian ini mendeteksi dan mengklasifikasi citra kerusakan jalan dengan menggunakan metode YOLO. Dari hasil pengujian pada empat dataset tersebut, didapatkan rata-rata nilai akurasi klasifikasi adalah 99.25%, rata-rata deteksi kotak pembatas adalah 74.57% sedangkan rata-rata kecepatan klasifikasi dan deteksi adalah 0.911 detik tiap citra.

Penelitian dengan judul *Detection of Workers Without the Helments in Videos Based on YOLO V3* yang mendeteksi pekerja di bidang konstruksi yang tidak menggunakan helm. *Data set* dalam penelitian ini adalah pekerja yang teridentifikasi menggunakan helm atau tidak. Dengan menggunakan metode YOLO versi 3 diperoleh nilai mAP (*Mean Average Precision*) mencapai 93,5%, dan tingkat deteksi mencapai 35 fps (Ghu, Gao and Gao, 2019)

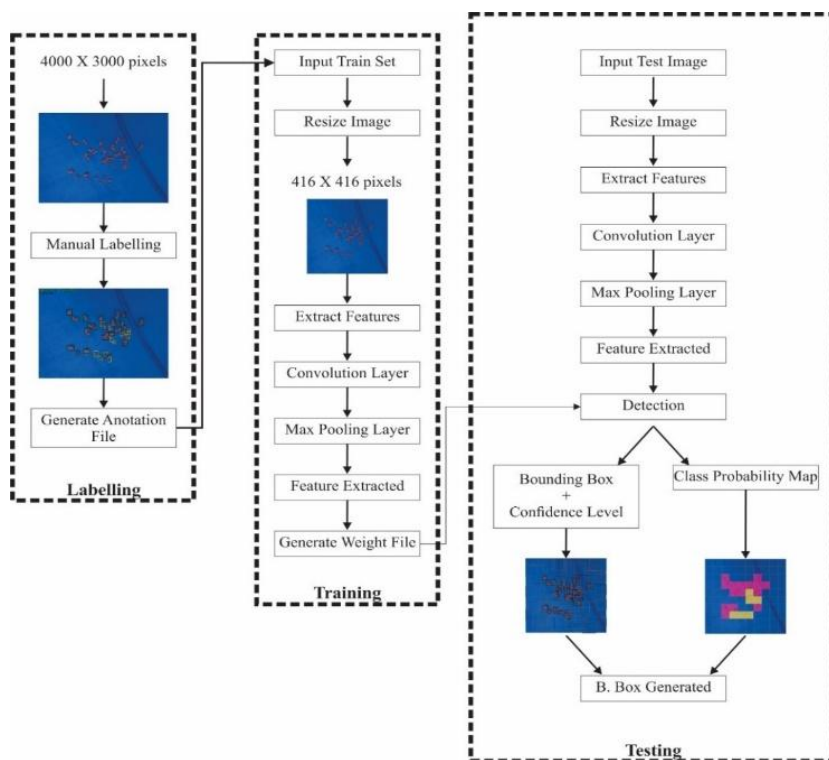
Penelitian lain terkait yaitu *YOLO-Based Deep Learning Framework for Olive Fruit Fly Detection and Counting* (Mamdouh and Khattab, 2021). Dengan menggunakan YOLO versi 4, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menghitung jumlah lalat buah di kebun zaitun. Hasil penelitian diperoleh nilai presisi 0,84, nilai recall 0,97, skor F1 0,9 dan nilai *mean Average Precision* (mAP) sebesar 96,68% .

Penelitian dengan judul *Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Deteksi Nyeri Bayi Melalui Citra Wajah Dengan YOLO* membuat prototipe dengan menggunakan NVIDIA Jetson Nano Developer kit untuk membantu mendeteksi rasa nyeri terutama pada bayi 0-12 bulan dengan menggunakan model *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan *framework pytorch* dan algoritma *You Only Look Once* (YOLO) dengan tiga klasifikasi pedeteksi yaitu sedih, netral dan nyeri (Abuzairi *et al.*, 2021). Dari hasil penelitian diperoleh hasil bahwa algoritma YOLO sudah dapat mendeteksi ke tiga klasifikasi tersebut dengan nilai mAP@0.5 sedih 97,9%, netral 99,2%, pada nyeri 96,9% dan akurasi model 70%. Hasil dari uji data acak dan data dari Puskesmas Imogiri 1 diperoleh nilai akurasi sebesar 90%.

Algoritma YOLO merupakan algroritma pendeteksi objek yang dapat bekerja secara *real-time* karena pemrosesannya yang cepat. YOLO menggunakan pendekatan yang berbeda untuk mendeteksi objek. Dalam penelitian ini dibuat suatu sistem untuk mendeteksi limbah budidaya udang dengan menerapkan algoritma Yolo. Dengan menggunakan algoritma YOLO sistem mampu mengetahui limbah udang berupa sisa pakan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi karena bentuk limbah pakan yang dideteksi yang kecil dan berada dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan mengklasifikasi limbah pakan udang menggunakan YOLO berbasis citra digital. Dengan menerapkan algoritma Yolo yang memanfaatkan bentuk dan warna untuk mendeteksi, maka pengambilan gambar dilakukan dengan mengubah sudut dan jarak, agar dapat dianalisa dimana letak dan posisi pengambilan gambar sehingga menghasilkan kinerja sistem paling baik.

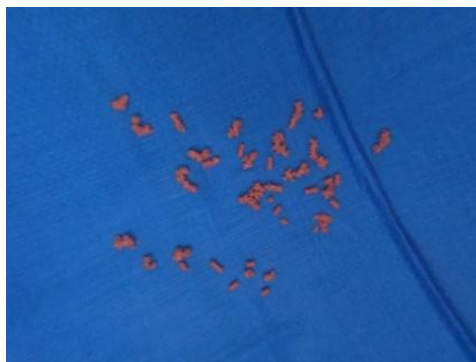
2.3 Metodologi

Penelitian ini terdiri atas 3 tahapan, yakni *labelling*, *training* dan *testing* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.



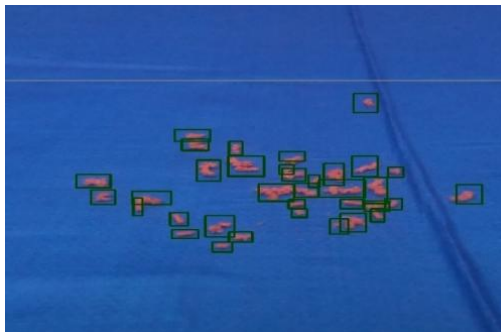
Gambar 4 Rancangan Sistem Deteksi Limbah Budidaya Udang

Rancangan sistem deteksi limbah budidaya udang terdiri dari 3 tahapan yakni *labelling*, *training* dan *testing*. Pada tahap *labelling*, data yang telah dikumpulkan diberi label yang biasa disebut kotak batas (*Bounding Box*), pelabelan dilakukan secara manual dan hasil dari pelabelan berupa file anotasi. Langkah pertama dalam *labelling* dimana diawali dengan menyiapkan data gambar pakan udang. Dalam penelitian ini pengambilan data latih menggunakan *Action Camera Gopro Hero 7* yang merupakan kamera tahan air berupa *photo* dan ekstraksi gambar dari video. Gambar 4 adalah hasil foto pakan udang dengan kamera. Video yang telah direkam kemudian diekstrak secara manual menggunakan *smartphone*, tetapi juga dapat menggunakan *library python* yang bernama *FFMPEG* untuk mengekstraksi video.



Gambar 5 Hasil pengambilan gambar pakan udang

Data latih yang telah terkumpul kemudian diberi label secara manual menggunakan program YOLO Mark seperti yang terlihat pada gambar 6. Pada tahap *labelling*, data yang telah dikumpulkan diberi label yang biasa disebut kotak batas (*Bounding Box*), pelabelan dilakukan secara manual dan hasil dari pelabelan berupa file anotasi.

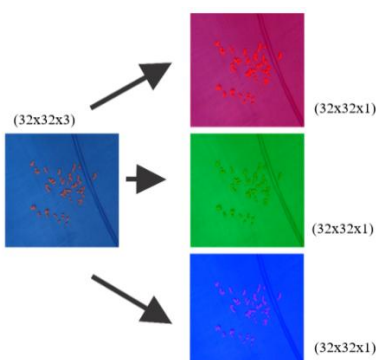


Gambar 6 Gambar yang diberi label dengan Yolo Mark

Setelah itu, pada tahap *Training*, data yang telah diberi label dan file konfigurasi yang telah diatur, kemudian diekstrak dengan *Convolutional Neural Network layer*, yang hasilnya dijadikan sebagai input ke dalam *Fully Connected Layer* dan luarannya berupa file bobot yang akan digunakan untuk mendeteksi pakan udang. File bobot yang telah dihasilkan pada tahap *Training* dan file konfigurasi kemudian digunakan untuk pengujian sistem pada tahap *Testing*.

Pada sistem ini setiap gambar yang dimasukkan ke *neural network* akan melewati proses *resize image*, dimana resolusi gambar akan dikonversi dari 4000x3000 pixel menjadi 416x416 pixel. Nilai dari resolusi gambar dapat diatur di dalam file konfigurasi akan tetapi resolusi ini dipilih karena ini merupakan resolusi yang paling optimal untuk mendeteksi objek bahkan objek kecil sekalipun. Juga untuk menghindari *error* pada saat melakukan *Training* yang dapat disebabkan oleh banyaknya data latih dengan resolusi yang bervariasi.

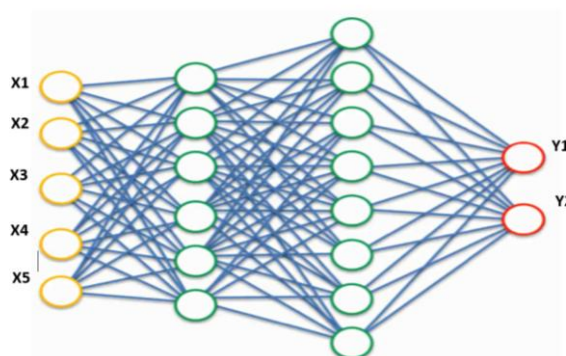
Pada proses *Feature Extraction layer* terbagi atas 2 bagian, *Convolutional Layer* dan *Pooling Layer*. Pada layer pertama ada *Convolutional Layer*. Gambar 7 memperlihatkan contoh dari gambar berukuran 32x32 pixel dengan ketebalan 3 sesuai dengan jumlah *channel*. Layer ini melakukan konvolusi dengan memanfaatkan filter.



Gambar 7 Convolutional Layer pada gambar berukuran 32x32 pixel dengan ketebalan 3 sesuai dengan jumlah *channel*

Pooling layer merupakan *layer* yang berfungsi untuk mengurangi dimensi dari *feature map* atau disebut juga *Downsampling*. Proses ini bertujuan untuk mempercepat komputasi karena parameter yang

harus diperbaharui semakin sedikit dan untuk mengendalikan *overfitting*. Pada sistem ini *Pooling* yang digunakan adalah tipe *Max Pooling*. Selanjutnya pada proses *Fully Connected Layer* merupakan tahapan dimana semua neuron aktifasi (fitur) saling dihubungkan agar dapat mengklasifikasikan objek, sehingga sistem dapat mengenali objek pakan dan bukan pakan. Jenis klasifikasi ini dikenal dengan *Binary Klasifikasi*. Contoh *Fully Connected Layer* dapat dilihat pada gambar 8 yang menampilkan gabungan dari fitur yang membentuk sebuah model. Gabungan dari fitur-fitur tersebut akan membentuk *activation map* untuk melakukan klasifikasi pakan dan bukan pakan.



Gambar 8 Hasil *Fully Connected Layer*

Hasil deteksi yang telah diproses akan ditampilkan secara visual dengan adanya *bounding box* pada objek yang terdeteksi. Dengan OpenCV yang merupakan perangkat untuk mempercepat proses komputasi dan menggambar *bounding box*. Pada saat mendeteksi sistem akan menggunakan 2 pendekatan yaitu *confidence level* dan *class probability map*. Gambar akan dibagi menjadi 13 x 13 *grid cell*, masing-masing *grid cell* bertanggung jawab untuk memprediksi *bounding box*. Setiap *grid cell* memiliki nilai *confidence*. Nilai *confidence* merupakan tingkat kepercayaan sistem akan keberadaan objek yang dideteksi, akan tetapi belum menetapkan kelas dari objek. *Class probability map* merupakan pendekatan untuk menentukan kelas dari objek yang dideteksi. Kedua pendekatan digabungkan sehingga nilai *confidence* dan kelas dari objek dapat ditampilkan melalui *bounding box*. Untuk setiap *bounding box* terdiri dari 5 prediksi: x, y, h, w dan *confidence*. Koordinat titik tengah dari *bounding box* relatif terhadap *grid cell* dipresentasikan oleh x dan y. Lebar dan tinggi gambar dipresentasikan oleh w dan h. *Confidence* merepresentasikan IOU antara *bounding box* prediksi dan *bounding box* dari set pengujian.

Dataset yang digunakan sebanyak 370 gambar yang diambil dari jarak yang berbeda-beda. Data kemudian dibagi menjadi 2 bagian yaitu, 80% data *train* dan 20% data *test* seperti diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Pembagian *Dataset*

No	<i>Dataset</i>	<i>Persentase</i>	<i>Jumlah</i>
1	Data train	80%	296
2	Data test	20%	74
	Total	100%	370

Jarak merupakan parameter penting dalam pengambilan data karena mempengaruhi sudut pengambilan gambar atau *angle photo*, dan juga mempengaruhi iluminasi pada gambar. Pada penelitian ini jarak yang digunakan adalah 0 cm, 25 cm dan 50 cm, dengan tinggi untuk pengambilan gambar untuk

setiap jarak adalah 0 cm, 10 cm, dan 20 cm. Jarak 0 cm artinya gambar diambil tegak lurus dengan objek, tinggi yang digunakan adalah 20 cm dan 25 cm. Dalam penelitian ini terdapat keterbatasan dalam pengambilan data disebabkan keterbatasan kamera akibat keruhnya air dalam kolam tambak sehingga tidak jelas dalam pengambilan gambar. Keruhnya air tambak disebabkan kondisi udang diambil pada umur di atas 60 hari.

Pengujian sistem dilakukan dengan cara mengubah, *max batches*, nilai *confidence* dan jarak pengambilan gambar. *Max batches* merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya iterasi yang akan dilakukan selama *training* berlangsung hingga dihasilkan file bobot atau *training* telah selesai. Parameter ini tidak memiliki nilai tetap yang telah ditentukan, tetapi berdasarkan referensi nilai *max batches* dapat ditentukan dengan persamaan (1) (Tuluran, 2020) .

$$Max\ batches = n \times 2000 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

n = jumlah kelas objek yang akan dideteksi.

Penelitian ini menggunakan 2 kelas objek, maka nilai *max batches* yang digunakan adalah 4000. Jarak merupakan parameter penting dalam pengambilan data karena mempengaruhi sudut pengambilan gambar atau *angle photo*, dan juga mempengaruhi iluminasi pada gambar. Pada penelitian ini jarak yang digunakan adalah 0 cm, 25 cm dan 50 cm, dengan tinggi untuk pengambilan gambar untuk setiap jarak adalah 0 cm, 10 cm, dan 20 cm. Jarak 0 cm artinya gambar diambil tegak lurus dengan objek, tinggi yang digunakan adalah 20 cm dan 25 cm.

Confidence level atau nilai *confidence* secara umum berarti tingkat kepercayaan sistem, bahwa objek yang diprediksi adalah benar. Pada sistem deteksi YOLO sendiri, nilai *confidence* dapat diatur dengan mengubah nilai *threshold*. *Threshold* akan memfilter nilai *confidence* pada sistem tersebut, yang dimana nilai *confidence* yang bernilai lebih tinggi dibandingkan nilai *threshold* akan ditampilkan secara visual dengan *bounding box* dan nilai *confidence* yang berada dibawah nilai *threshold* tidak akan ditampilkan. Pada pengujian nilai *confidence* ini, gambar yang digunakan untuk menguji sistem adalah yang diambil pada jarak 25 cm dengan jumlah 20 pakan udang.

Kinerja sistem yang telah diuji kemudian dievaluasi berdasarkan nilai mAP (*Mean Average Precision*) yang dihasilkan dimana nilai mAP menyatakan tingkat kepresisian sistem dalam mendeteksi objek yang perhitungannya menggunakan *confusion matrix*. Untuk menghitung nilai mAP (*Mean Average Precision*) sistem dengan menggunakan persamaan (2) (Tuluran, 2020).

$$mAP = \frac{TP}{TP+FP} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

TP = Jumlah data positif yang terklasifikasi benar oleh sistem

FP = Jumlah data positif yang terklasifikasi salah oleh sistem

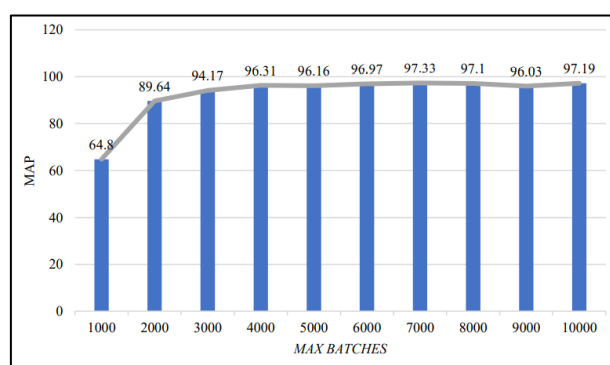
2.4 Hasil dan Pembahasan

2.4.1 Max Batches

Hasil evaluasi sistem deteksi pakan udang berdasarkan nilai *max batches* sebesar 4000 diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Evaluasi sistem deteksi pakan udang berdasarkan nilai max batches

<i>Max Batches</i>	<i>True Positive</i>	<i>False Negative</i>	<i>False Positive</i>	<i>True Negative</i>	<i>mAP (%)</i>
1000	7410	3492	2998	0	64.80
2000	11021	1649	1230	0	89.64
3000	12356	453	1091	0	94.17
4000	12444	862	594	0	96.31
5000	12639	556	705	0	96.16
6000	12669	682	549	0	96.97
7000	12751	548	601	0	97.33
8000	12702	639	559	0	97.10
9000	12630	597	673	0	96.03
10000	12724	659	517	0	97.19

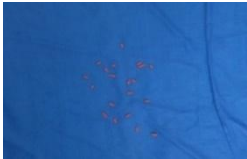
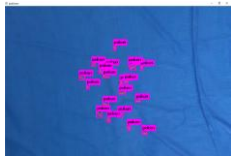
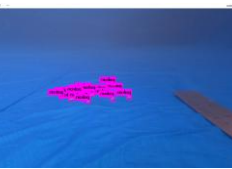
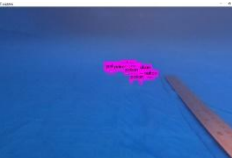
**Gambar 9** Grafik perbandingan sistem berdasarkan *Max Batches*

Pada Tabel 4 menunjukkan evaluasi sistem deteksi pakan udang berdasarkan nilai *max batches* dimana terlihat bahwa *max batches* 7000 menunjukkan nilai mAP yang paling baik yakni sebesar 97,33% dan nilai yang paling rendah terdapat pada *max batches* 1000 yakni sebesar 64,8%. Gambar 9 menunjukkan perbandingan sistem deteksi secara grafik dimana terlihat bahwa *max batches* diantara 4000-10000 menunjukkan grafik yang terlihat datar, ini menandakan perubahan nilai mAP yang saturasi di angka 96-97%. Sehingga berapapun iterasi ditambahkan yang melebihi *max batches* 4000, sistem tetap akan menghasilkan nilai mAP di angka 96-97%. Dengan demikian *max batches* 4000 sistem dapat dikatakan optimal, karena nilai mAP yang dihasilkan sudah berada pada nilai saturasi (96-97%). Ini berarti untuk sistem dengan 2 kelas deteksi cukup menggunakan 4000 iterasi agar waktu training yang dibutuhkan lebih sedikit. Pada sistem ini digunakan 2 kelas, pakan udang dan bukan pakan udang.

2.4.2 Distance

Hasil pengujian sistem berdasarkan jarak pengambilan gambar diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengujian sistem berdasarkan jarak pengambilan gambar

Jarak (cm)	Tinggi (cm)	Input	Output
0	20		
25	20		
50	15		

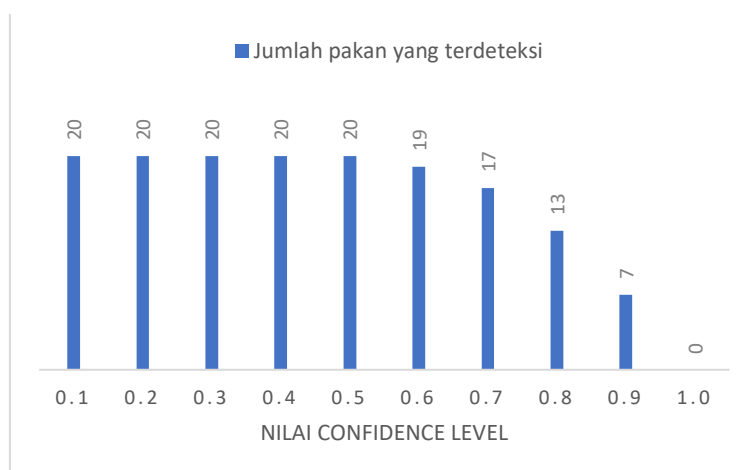
Pada Tabel 5 terlihat bahwa sistem berhasil mendeteksi semua gambar yang diambil pada jarak yang berbeda berdasarkan hasil pengujian sistem yang dilakukan dengan pengambilan gambar pada jarak yang berbeda.

2.4.3 Confidence level

Selanjutnya, pengujian sistem dilakukan dengan mengubah-ubah nilai *Confidence level*. *Confidence level* atau nilai *confidence* secara umum berarti tingkat kepercayaan sistem bahwa objek yang diprediksi adalah benar. Pada pengujian nilai *confidence* ini, gambar yang digunakan untuk menguji sistem adalah yang diambil pada jarak 25 cm dengan jumlah 20 pakan udang, karena pada pengujian sebelumnya gambar dengan jarak 25 cm menunjukkan nilai mAP yang paling baik. Tabel 6 memperlihatkan hasil pengujian sistem berdasarkan nilai *confidence* dengan rentang 0.1 - 1.0 dengan nilai *threshold* sebesar 2.5. Pada Tabel 6 memperlihatkan nilai mAP yang paling baik pada jarak 25 cm, artinya sistem bekerja paling baik pada jarak 25 cm.

Tabel 6 Evaluasi sistem berdasarkan jarak pengambilan gambar dengan nilai *confidence* 0,1-1,0

Jarak (cm)	True Positive	False Negative	False Positive	True Negative	mAP	Akurasi
0	333	70	93	0	71.50%	67.13%
25	350	41	80	0	82.31%	74.30%
50	207	48	131	0	68.57%	53.62%



Gambar 10 Grafik hasil pengujian sistem berdasarkan *confidence level*

Grafik pada gambar 10 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai *confidence*, maka semakin banyak nilai prediksi yang terfilter atau tidak ditampilkan karena nilainya berada di bawah nilai *threshold*, seperti pada nilai *confidence* 0,1-0,5 jumlah objek yang terdeteksi adalah 20 dari 20 objek, lalu pada saat nilai *confidence* dinaikan menjadi 0,6 jumlah objek yang terdeteksi berkurang menjadi 19 dari 20 objek dan objek sama sekali tidak terdeteksi pada nilai *confidence* 1.0.

Sistem memiliki nilai *confidence* paling rendah 0,5 dan yang paling tinggi 0,9. Dalam perancangan menggunakan 2 kelas pada sistem deteksi pakan udang untuk 1 objek yang dideteksi. Hal ini bertujuan agar sistem bisa memutuskan lebih baik dengan melihat *nilai confidence* pada masing-masing kelas sehingga meminimalkan terjadinya salah deteksi.

2.5 Kesimpulan

Deteksi limbah pakan udang telah dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan algoritma YOLO dan unjuk kerja sistem dievaluasi berdasarkan nilai mAP. Hasil dari sistem deteksi limbah budidaya udang berupa visualisasi objek yang dibatasi oleh *bounding box* menghasilkan nilai mAP optimal pada *max batches* 4000 yaitu 96.31% Pada pengujian sistem terhadap jarak, menghasilkan mAP terbaik pada jarak 25 cm dengan nilai 82.31%. Sistem dapat mendeteksi dengan baik pada rentang nilai *confidence* 0.1 - 0,5. Kedepannya, sistem ini akan dikembangkan dengan menggunakan YOLO versi terbaru sehingga didapatkan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Selain itu juga memperbanyak data training sehingga sistem dapat mendeteksi obyek dengan berbagai kondisi.