



**SISTEM PEMBERIAN PAKAN BERDASARKAN BERAT DAN
JUMLAH UDANG PADA KOLAM BIOFLOK BERBASIS IOT
DAN PENGOLAHAN CITRA**

*Feeding System Based on Weight And Number of Shrimp In Biofloc
Pond Based on IoT And Image Processing*

HUSNI MUBARAK

D082202032



**PROGRAM PASCASARJANA TEKNIK INFORMATIKA
DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2024



PENGAJUAN TESIS

SISTEM PEMBERIAN PAKAN BERDASARKAN BERAT DAN JUMLAH UDANG PADA KOLAM BIOFLOK BERBASIS IOT DAN PENGOLAHAN CITRA

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi Teknik Informatika

Disusun dan diajukan oleh:

HUSNI MUBARAK

D082202032

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2024



TESIS

SISTEM PEMBERIAN PAKAN BERDASARKAN BERAT DAN JUMLAH UDANG PADA KOLAM BIOFLOK BERBASIS IOT DAN PENGOLAHAN CITRA

HUSNI MUBARAK
D082202032

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Informatika Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 2 Februari 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.
NIP. 19640427 198910 1 002

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Muhammad Nizwar, S.T., M.InfoTech.
NIP. 19730922 199903 1 001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, M.T. IPM., ASEAN.Eng.
NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Informatika



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.
NIP. 19640427 198910 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Husni Mubarak

Nomor Mahasiswa : D082202032

Program Studi : Magister Teknik Informatika

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis yang berjudul **“Sistem Pemberian Pakan Berdasarkan Berat dan Jumlah Udang Pada Kolam Bioflok Berbasis IoT dan Pengolahan Citra”** adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. dan Dr. Eng. Muhammad Nizwar, S.T., M.InfoTech.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal/Prosiding (24th International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications “ISITIA” 2023) sebagai artikel dengan judul **“Pixel-based Weight Estimation of Vannamei Shrimp Using Digital Image Processing: A Solution for Precise Feeding Management in Aquaculture”**.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 13 Maret 2024

Yang Menyatakan



Husni Mubarak



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis yang berjudul “**Sistem Pemberian Pakan Berdasarkan Berat dan Jumlah Udang Pada Kolam Bioflok Berbasis IoT dan Pengolahan Citra**” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata-2 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan tesis ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan tesis. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua penulis, Bapak H. M. Akib dan Ibu Hj. Habiba yang selalu menjadi motivasi terbesar dalam penyelesaian perkuliahan ini yang tidak pernah putus memberikan dukungan, doa, dan semangat serta selalu sabar dalam mendidik penulis sejak kecil;
2. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. selaku pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Muhammad Nizwar, S.T., M.InfoTech. selaku pembimbing II yang telah memberikan waktu, tenaga, pikiran, dukungan moril maupun materil serta perhatian yang luar biasa untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis;
3. Bapak Dr. Eng. Zulkifli Tahir, S.T., M.Sc., Bapak Prof. Dr. Ir. Indrabayu, ST., MT., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng., dan Ibu Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga laporan tesis ini menjadi lebih baik;
4. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan semangatnya selama masa perkuliahan penulis;
5. Para sahabat, teman-teman, kakak-kakak dan adik-adik di Laboratorium *Computer Based System* Pascasarjana UNHAS yang telah memberikan



begitu banyak bantuan, motivasi, semangat dan pengalaman selama proses perkuliahan;

6. Teman-teman Pascasarjana UNHAS Angkatan 3 atas dukungan dan semangat yang diberikan selama ini;
7. Ibu Yuanita serta segenap Staf Departemen Magister Teknik Informatika yang telah banyak membantu penulis selama pengurusan administrasi;
8. Orang-orang terkasih yang tidak sempat dituliskan oleh penulis;

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT. Senantiasa berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah banyak membantu. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu. Aamiin ya Rabbal Alamin.

Gowa, 13 Maret 2024



Husni Mubarak



ABSTRAK

HUSNI MUBARAK. *Sistem Pemberian Pakan Berdasarkan Berat Dan Jumlah Udang Pada Kolam Bioflok Berbasis Iot Dan Pengolahan Citra* (dibimbing oleh **Zahir Zainuddin** dan **Muhammad Niswar**).

Dalam budidaya udang vaname proses pemberian pakan merupakan proses yang sangat penting karena sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan udang vaname. Pemberian pakan dilakukan dua kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari dengan persentase sebesar 1,7-10% dari berat rata-rata keseluruhan populasi. Selama ini pengukuran berat rata-rata udang vaname untuk menentukan jumlah pakan yang diberikan masih dilakukan secara manual hal ini bukan saja sangat merepotkan karena diperlukan waktu yang sangat lama bagi pembudidaya dalam mengukur berat setiap kepiting bakau dalam jumlah yang sangat banyak dan meningkatkan biaya operasional serta resiko cedera yang dapat dialami oleh pembudidaya. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem yang dapat mengestimasi berat rata-rata udang vaname secara cepat dan otomatis sehingga masalah tersebut dapat terselesaikan. Penelitian ini mengimplementasikan teknologi pengolahan citra digital untuk mengestimasi berat rata-rata udang vaname dari jumlah udang pada citra secara cepat dan otomatis. Pengolahan citra akan mengambil citra setiap udang vaname, kemudian dari gambar tersebut akan diambil nilai dari sebuah fitur yang dapat digunakan untuk mengestimasi berat rata-rata udang vaname dari jumlah udang vaname pada citra. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa fitur jumlah piksel pada udang vaname dengan menggunakan metode *Regresi Linier* dengan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0.7752 dan *Regresi Polinomial* dengan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0.6869, dapat digunakan untuk mengestimasi berat udang vaname, penelitian ini juga membuktikan bahwa dengan nilai dan hasil perhitungan jumlah udang vaname dengan menggunakan fitur bentuk dengan metode *Mask R-CNN* dapat digunakan untuk mendeteksi dan menghitung jumlah udang vaname dengan baik, hal ini juga dapat dibuktikan dengan tingkat *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,373. Sedangkan untuk pemberian pakan juga menunjukkan hasil yang baik dikarenakan memang untuk pemberian pakan memiliki takaran yang telah ditentukan dan disetujui secara universal dan melalui penelitian ilmiah.

Kata Kunci : Udang Vaname, Pengolahan Citra, Estimasi Berat, Perhitungan, Segmentasi.



ABSTRACT

HUSNI MUBARAK. Feeding System Based on Weight and Number of Shrimp in Iot-Based Biofloc Pond and Image Processing (mentored by **Zahir Zainuddin** and **Muhammad Niswar**).

In the cultivation of vannamei shrimp, the feeding process is very important because it greatly influences the growth rate of the vannamei shrimp. Feeding is done twice a day, in the morning and evening, with a percentage of 1.7-10% of the average weight of the entire population. So far, the measurement of the average weight of vannamei shrimp to determine the amount of feed given is still done manually. This is not only very troublesome because it takes a long time for cultivators to measure the weight of each mangrove crab in very large quantities, increasing operational costs and the risk of injury that can be experienced by cultivators. Therefore, a system is needed that can estimate the average weight of vannamei shrimp quickly and automatically so that this problem can be resolved. This study implements digital image processing technology to estimate the average weight of vannamei shrimp from the number of shrimp in the image quickly and automatically. Image processing will capture the image of each vannamei shrimp, and then from that image, the value of a feature will be taken that can be used to estimate the average weight of vannamei shrimp from the number of vannamei shrimp in the image. The results of this study show that the feature of the number of pixels in vannamei shrimp using the Linear Regression method with a Mean Absolute Error (MAE) of 0.7752 and Polynomial Regression with a Mean Absolute Error (MAE) of 0.6869 can be used to estimate the weight of vannamei shrimp. This study also proves that the value and calculation results of the number of vannamei shrimp using the shape feature with the Mask R-CNN method can be used to detect and count the number of vannamei shrimp well, as can also be proven by the Mean Absolute Error (MAE) rate of 0.373. Meanwhile, for feeding, it also shows good results because indeed for feeding there are doses that have been determined and universally agreed upon and through scientific research.

Keywords: Vaname Shrimp, Image Processing, Weight Estimation, Calculation, Segmentation.



DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
PENGAJUAN TESIS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Teori dan Konsep.....	6
2.1.1 Udang Vaname.....	6
2.1.2 Klasifikasi Udang Vaname.....	6
2.1.3 Morfologi Udang Vaname.....	7
2.1.4 Biologi Udang Vaname.....	8



3.1.5	Budidaya Udang.....	8
3.1.6	Pakan.....	9
3.1.7	Anco/Feeding Tray.....	10
3.1.8	<i>Internet of Things (IoT)</i>	11
3.1.9	<i>Mask R-CNN</i>	12
3.1.10	<i>Bware</i>	13
3.1.11	Regresi Linier.....	14
3.1.12	Polinomial.....	15
2.2	Tinjauan Jurnal Penelitian.....	16
□	<i>State Of The Art</i>	16
2.3	Kerangka Pemikiran.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....		21
3.1	Jenis Penelitian.....	21
3.2	Tahapan Penelitian.....	21
3.3	Sumber Data.....	23
3.4	Lokasi dan Waktu.....	23
3.5	Perancangan Sistem.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		42
4.1	Hasil Perhitungan Udang Vaname.....	42
4.2	Hasil Estimasi Berat.....	44
4.3	Hasil Perhitungan Sisa Pakan.....	47
4.4	Hasil Perhitungan Pemberian Pakan.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTKA.....		53



DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Matriks Jurnal Penelitian Terkait.....	16
Tabel 3. 1. Rencana Waktu Penelitian.....	23
Tabel 3. 2. Model Berat Udang Dan Pikel 34	
Tabel 3. 3. Dosis Pemberian Pakan Berdasarkan “Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2016”[23].....	40
Tabel 4. 1. Perbandingan Jumlah Manual Dan Sistem.....	43
Tabel 4. 2. Hasil Pengujian Estimasi Berat.....	45
Tabel 4. 3 Pengujian Jumlah Pikel 46	
Tabel 4.4. Perubahan Pikel/10 Menit	48
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Pemberian Pakan	49



DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman
Gambar 2. 1. Morfologi Udang Vaname	7
Gambar 2. 2. Budidaya Udang Bioflok.....	8
Gambar 2. 3. Budidaya udang dengan teknik Bioflok.....	9
Gambar 2. 4. Anco atau Feeding Tray	10
Gambar 2. 5. Internet of Things.....	12
Gambar 2. 6. Perubahan histogram menggunakan Bwarea	14
Gambar 2. 7. Kerangka Pikir.....	20
Gambarr 3. 1. Tahapan Penelitian.....	21
Gambarr 3. 2. Keseluruhan Sitem Tampak Samping.....	24
Gambarr 3. 3. Perancangan Perangkat Keras.....	25
Gambarr 3. 4. Implementasi Perangkat Keras. a. selum diturunkan,.....	26
Gambarr 3. 5. Blok Diagram Keseluruhan Sistem.....	27
Gambarr 3. 6. Dataset Udang Vaname	27
Gambarr 3. 7. Alur Diagram Pembuatan Model Deteksi Mask R-CNN	28
Gambarr 3. 8. Model Anotasi.....	29
Gambarr 3. 9. Proses kerja Mask R-CNN.....	29
Gambarr 3. 10. Hasil Pelatihan	31
Gambarr 3. 11. Alur Binerisasi Citra	32
Gambarr 3. 12. Citra udang dalam grid piksel	32
Gambarr 3. 13. Diagram model berat udang.....	33
Gambarr 3. 14. Pseudocode Hitung Piksel.	33
Gambarr 3. 15. Alur Pengujian Sistem	34
Gambarr 3. 16. umlah udang yang terdeteksi	35
Gambarr 3. 17. Alur Diagram Deteksi Pakan	38
Gambarr 3. 18. Deteksi Pakan Waktu ke Waktu	39
Gambarr 3. 19. Skema Sistem Internet Of Things	41
Gambar 4. 1. Grafik Pengujian Perhitungan Jumlah Udang.....	42
Gambar 4. 2. Grafik Pengujian Berat Berdasarkan Jumlah Piksel	46



DAFTAR PERSAMAAN

No. Persamaan	Halaman
Persamaan 1. Regresi Linier	13
Persamaan 2. Poliomial	13



DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Data Pelatihan dan Pengujian	56
Lampiran 2. Kodingan Sistem	64



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Udang Vaname atau dikenal dengan nama udang kaki putih yang menyandang nama ilmiah *Litopenaeus Vannemei* adalah udang air asin yang menurut Wyban (1991) menyatakan bahwa udang vaname adalah udang asli dari perairan Amerika Latin yang kondisi iklimnya subtropics (Wyban J., *et al* 1991). Hasil panen yang kurang maksimal, menjadi rintangan bagi para petani tambak. Sumber daya yang terbatas, mengakibatkan petani tambak sulit untuk mengendalikan hasil panen udang tersebut. Pemberian pakan dalam jumlah yang berlebihan dapat meningkatkan biaya produksi dan pemborosan serta menyebabkan sisa pakan yang berlebihan, hal ini dapat berakibat pada penurunan kualitas air sehingga berpengaruh pada pertumbuhan dan sintasan udang (Tahe S, *dkk* 2011). Pemberian pakan menjadi hal yang harus diperhatikan, menurut Suprpto (2005) dan Suwardi (2011), agar pertumbuhan udang vaname yang dibudidayakan di tambak dapat tumbuh dengan baik, maka pakan yang diberikan harus memenuhi kualitas dan cukup jumlahnya (Tahe S, *dkk* 2011). Pada umumnya sistem pemberian pakan dilakukan secara manual dengan menyebarkan pakan 3 kali dalam sehari, dan disebarkan dengan bantuan manusia dengan cara berkeliling dari pinggir tanggul tambak (Tahe S, *dkk* 2011).

Pemberian pakan saat ini masih banyak dilakukan secara manual dimanah pemberian pakan yang dilakukan secara manual masih memiliki kemungkinan terjadinya kelebihan atau kekurangan saat memberikan pakan terhadap udang pada tambak yang akan mempengaruhi perkembangan udang serta tingkat produksi tambak, walaupun saat ini sudah banyak tersedia alat untuk memberikan pakan pada udang secara otomatis namun hanya menggunakan timer atau pengatur waktu dalam memberikan pakan dengan jumlah pakan yang masih ditentukan secara manual berdasarkan pengalaman petambak sebelumnya yang mana artinya masih adanya kemungkinan terjadi kelebihan atau kekurangan saat memberikan pakan.



Rangkuman Masalah :

1. Pemberian pakan pada udang saat ini kebanyakan masih dilakukan secara manual baik dari waktu ataupun jumlah pemberian pakannya.
2. Alat pemberi pakan otomatis saat ini banyak yang beredar kebanyakan hanya memberikan pakan menggunakan timer dengan jumlah pakan yang diberikan tetap ditentukan secara manual.

Berdasarkan masalah tersebut dibutuhkan sebuah perangkat elektronik yaitu sistem pemberian pakan otomatis yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan untuk budidaya udang yang disampaikan kepada petambak yang memberikan informasi tentang pemberian pakan berdasarkan perkembangan pada udang. Sistem pemberian pakan harus dapat diakses dengan cepat, mudah, dimanah saja dan kapan saja. Sistem kontrol pemberian pakan akan otomatis memberi makan pada udang berdasarkan perkembangannya pada waktu yang sudah ditentukan. Perkembangan *IoT* (Internet of Things) yang seperti sekarang ini dapat juga di manfaatkan dalam hal ini.

Sebagai sarana untuk mempermudah petambak dalam pemberian pakan berdasarkan perkembangan pada kolam secara otomatis tanpa harus pergi ke kolam secara langsung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem yang dapat mengestimasi berat dan jumlah udang pada kolam bioflok menggunakan teknik pengolahan citra.
2. Bagaimana merancang sistem pemberi pakan berdasarkan berat dan jumlah udang pada kolam bioflok berbasis *IoT*

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian pembuatan buatan sistem pemberian pakan ini adalah:



1. Merancang sistem yang dapat mengestimasi berat dan jumlah udang pada kolam bioflok menggunakan teknik pengolahan citra.
2. Merancang sistem pemberi pakan berdasarkan berat dan jumlah udang pada kolam bioflok berbasis *IoT*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti, penelitian ini berguna untuk menambah pengetahuan dan kemampuan mengenai budidaya udang khususnya udang vaname serta proses pemberian pakan berdasarkan perkembangan berbasis *IoT*.
2. Bagi institusi Pendidikan Magister jurusan Teknik Informatika, dapat digunakan sebagai referensi ilmiah dalam penelitian pengembangan sistem pemberian pakan pada udang berdasarkan perkembangan berbasis *IoT*.
3. Bagi pelaku budidaya udang khususnya udang vaname, penelitian ini berguna untuk membantu para pembudidaya dalam memberikan pakan pada udang sesuai dengan perkembangan udang itu sendiri sampai udang tersebut siap untuk dipanen.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan penelitian ini yaitu :

1. Sistem yang dibuat dan dikembangkan di dalam penelitian ini masih dalam bentuk prototipe.
2. Udang yang digunakan dalam penelitian ini adalah spesies udang Vaname.
3. Budidaya ini hanya menjadikan berat rata-rata udang di atas anco sebagai berat rata-rata keseluruhan populasi yang ditebar.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini adalah:

Bab I Pendahuluan

Pada bab I ini berisi penjelasan tentang latar belakang yang menjabarkan alasan dilakukannya penelitian terkait perhitungan jumlah udang dan mengestimasi



berat dalam menentukan jumlah pemberian pakan terhadap udang vaname, berdasarkan peluang penelitian dan uraian penelitian awal tentang pentingnya perhitungan dan estimasi berat pada udang untuk dijadikan parameter untuk menghitung jumlah pakan yang akan diberikan ke udang vaname, terkait rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup serta sistematika penulisan penelitian dibahas pada bagian ini. .

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab II ini berisi penjelasan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian meliputi estimasi berat, deteksi objek, penggunaan visi komputer, dan beberapa landasan teori lainnya.

Diuraikan pula tentang tinjauan pustaka yang merupakan penjelasan tentang hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Landasan teori merupakan suatu penjelasan tentang sumber acuan terbaru dari pustaka primer seperti buku, artikel, jurnal, prosiding dan tulisan asli lainnya untuk mengetahui perkembangan penelitian yang relevan dengan judul atau tema penelitian yang dilakukan dan juga sebagai arahan dalam memecahkan masalah yang diteliti.

Pada bab ini juga diuraikan tentang kerangka pemikiran yang merupakan penjelasan tentang kerangka berpikir untuk memecahkan masalah yang sedang diteliti, termasuk menguraikan objek penelitian serta state of the art dari beberapa penelitian terkait.

Bab III Metodologi Penelitian

Pada Bab III ini merupakan penjelasan tentang tahapan penelitian dimulai bagaimana metode penelitian, penentuan masalah, penentuan pendekatan komputasi, juga penjelasan bagaimana pengembangan dan penerapan sistem objek penelitian.



Selain itu, menjelaskan proses validasi hasil penerapan sistem, metode pengumpulan data, metode analisis data, penerapan pada masalah penelitian, konstruksi sistem serta pengujian sistem.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab IV berisi penjabaran hasil dan pembahasan penelitian berdasarkan teknik implikasi sistem yang digunakan serta penelitian yang telah dilakukan.

Pada bagian hasil ini membahas tentang data kuantitatif yang telah dikumpulkan berdasarkan ketetapan pada metodologi. Pembahasan menjabarkan proses pengolahan data serta interpretasinya, baik berupa deskriptif maupun penarikan inferensinya.

Implikasi penelitian merupakan uraian penjabaran mengenai keberlanjutan penelitian yang relevan dengan aspek sistem, maupun pengembangan pada aspek penelitian. Hasil analisis pemodelan perhitungan jumlah dan estimasi berat dengan penggunaan visi komputer telah dirancang dirangkum dalam bentuk tabel, dan gambar.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab V berisi kesimpulan terhadap hasil yang didapatkan dalam penelitian ini, yang merujuk pada rumusan masalah dan saran pengembangan dari penelitian ini untuk menyempurnakan kekurangan-kekurangan yang belum tercapai pada penelitian ini, sehingga kedepannya penelitian yang dilakukan dapat dikembangkan dan bisa memperoleh hasil yang jauh lebih baik.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka yang tertuang pada bab ini hasil dari studi pendahuluan yang telah dilaksanakan oleh penyusun, studi pendahuluan yang dilakukan adalah studi literatur dengan melaksanakan review terhadap jurnal internasional dan nasional yang relevan dengan tema penelitian, mereview buku dan modul yang mendukung materi, melaksanakan penelusuran di internet dan juga menganalisis video yang relevan.

2.1 Tinjauan Teori dan Konsep

2.1.1 Udang Vaname

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang biasa disebut sebagai udang putih berasal dari Hawaii. Udang ini telah banyak dikembangkan di Cina, Thailand, Taiwan, Vietnam serta di Indonesia. Udang vanname memiliki keunggulan dibandingkan udang yang lainnya, di antaranya adalah pakan yang diberikan memiliki kandungan protein yang lebih rendah, memiliki produktivitas yang tinggi karena kelangsungan hidup di atas 90%, waktu pemeliharaannya lebih pendek, pertumbuhan yang cepat, tahan hidup pada kisaran salinitas yang luas. Selain itu udang vaname ini sendiri tahan terhadap penyakit dibandingkan dengan jenis udang lainnya (Ghufron dan Kordi, 2008)

2.1.2 Klasifikasi Udang Vaname

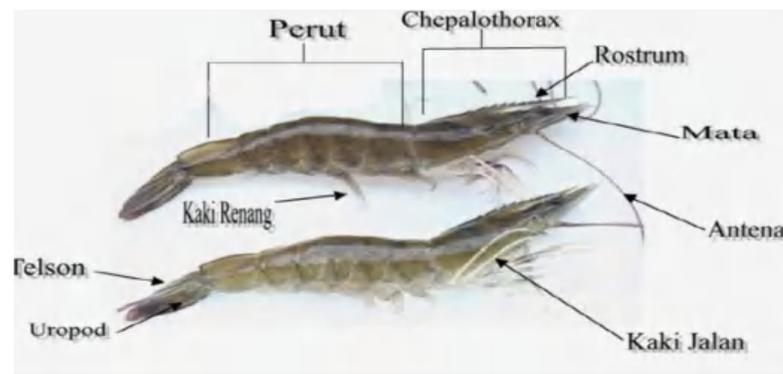
Klasifikasi udang vaname adalah sebagai berikut:

- Kingdom : Animalia
- Filum : Arthropoda
- Kelas : Malacostraca
- Ordo : Decapoda
- Famili : Penaeidae
- Genus : Litopenaeus
- Spesies : Litopenaeus vaname



2.13 Morfologi Udang Vaname

Terdapat tiga bagian pada tubuh udang yakni kepala-dada (*cephalotorax*) yang tertutup oleh satu kelopak yang dinamakan karapas. Karapas memiliki tonjolan yang meruncing ke depan yakni *rostrum* dan bergerigi pada tepinya. Di belakang *cephalotorax* terdapat bagian badan (*abdomen*) dan ekor. Bagian kepala terdiri dari lima ruas dan delapan ruas di bagian dada. Ruas-ruas tersebut tertutup oleh kulit keras tetapi tipis sehingga memudahkan udang untuk bergerak secara fleksibel. Mata majemuk bertangkai berada di bawah pangkal *rostrum*, mulut berada di bagian bawah mata, serta terdapat sungut kecil (*antennule*), sirip kepala (*scaphocerit*), sungut besar (antena), rahang (*mandibula*), alat bantu rahang (*maxilla*) dan *maxilliped* di bagian kepala. Bagian dada terdapat sepasang anggota badan di setiap ruas yang disebut *pereopoda*, tiga pasang di depan berfungsi untuk mengambil makanan dan dua pasang di belakang berfungsi sebagai kaki jalan. Di bawah karapas terdapat insang pada bagian kiri dan kanan dada. Pada abdomen terdapat lima pasang kaki renang (*pleopoda*). Belakang badan terdapat dua pasang ekor kipas (*uropoda*) sebagai kemudi pada saat berenang dan terdapat ruas ekor runcing ke belakang yang membentuk ujung ekor (*telson*). Pada pangkal *telson* terdapat anus. Perbedaan udang *vanname* terletak pada *thelycum* (alat kelamin betina) yang memiliki struktur *thelycum* terbuka tanpa cekungan yang dikelilingi banyak bulu-bulu. Selain itu tubuhnya membungkuk, bersegmen, mempunyai lima pasang kaki renang dan warnanya putih bening (Suyanto dan Takarina, 2009).



Gambar 2. 1. Morfologi Udang Vaname



Hal yang harus diperhatikan mengenai pakan yaitu pakan tidak boleh disimpan dalam 2 minggu, tempat penyimpanan pakan sebaiknya kering (tidak lembap). Apabila pakan dibeli di pabrik sebaiknya dipastikan pabrik tersebut memproduksi pakan dengan kualitas yang baik. Kualitas pakan dapat menentukan kualitas ternak. Jika pakan disimpan dalam wadah, sebaiknya wadah tersebut ditutup rapat dan tidak ada udara yang masuk. Pakan yang terkontaminasi udara lembap akan berjamur.

3.1.7 Anco/Feeding Tray

Anco atau *feeding tray* adalah alat yang digunakan oleh petambak untuk mengetahui tingkat konsumsi pakan pada udang. Bisa dikatakan bahwa anco dapat digunakan dalam mendeteksi nafsu makan udang sehingga petambak dapat menentukan jumlah pakan yang akan diberikan.

Pada umumnya, jumlah anco pada tambak berkisar antara 4-6 buah per petak. Penggunaan anco sebagai alat kontrol pakan dilakukan setelah udang berumur 20 hari. Anco digunakan untuk memantau tingkat efisiensi penggunaan pakan, sehingga pakan yang diberikan tidak kurang maupun kelebihan.



Gambar 2. 4. Anco atau Feeding Tray



Pakan yang efisien tentu sangat baik bagi pertumbuhan dan perkembangan udang. Selain itu, pemberian pakan yang berlebih juga dapat memperburuk kondisi lingkungan tambak, seperti meningkatnya bahan organik pada air hingga meningkatnya kadar amonia pada tambak.

Pengamatan tingkat konsumsi pakan udang dengan anco dapat membantu petambak dalam menentukan apakah pakan harus ditambahkan atau dikurangi. Cara pengecekannya ialah dengan menaburkan pakan ke dalam anco, kemudian masukkan anco secara perlahan pada tambak dan tunggu hingga beberapa saat kemudian angkat secara perlahan.

Dari cara tersebut, maka akan ditemui beberapa kondisi yang menunjukkan tingkat konsumsi pakan udang. Berikut ini beberapa kondisi yang harus diperhatikan oleh petambak untuk melakukan tindakan yang tepat.

- Pada saat pemeriksaan anco dan masih terdapat pakan yang tersisa pada anco, maka pada pemberian pakan berikutnya dapat dikurangi sebanyak 10%-20%.
- Selanjutnya, apabila pada saat pengecekan anco dan tidak terdapat adanya pakan yang tersisa maka jumlah pakan yang diberikan dapat dipertahankan untuk selanjutnya.
- Kondisi lainnya ialah pada saat pengecekan anco tidak tersisa pakan dan terdapat sedikit udang yang naik ke anco, maka hal tersebut menandakan bahwa pakan yang diberikan masih kurang. Dengan begitu pakan dapat ditambahkan sebanyak 5% dari sebelumnya.

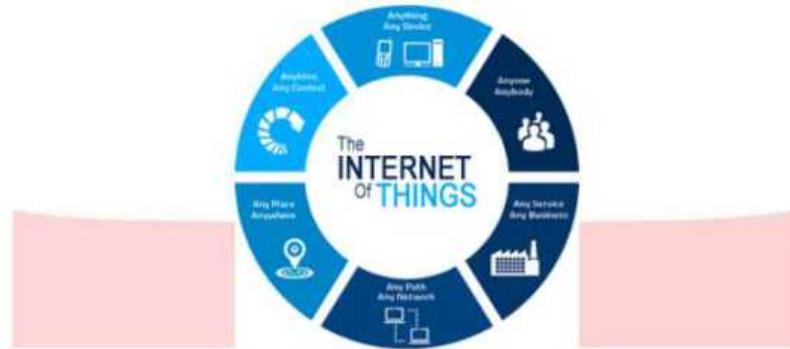
Sementara itu, faktor kunci dalam mengetahui apakah pakan yang diberikan sudah sesuai dan tidak berlebihan adalah ketika *algae* mengalami peningkatan yang diikuti dengan kenaikan kadar amonia. Jika hal tersebut terjadi pada tambak Anda, maka kadar pakan yang diberikan dapat dikurangi hingga kondisi tambak benar-benar pulih (wwf.or.id).

3.1.8 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah struktur dimanah objek, manusia disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk transfer data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu



sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer (Burange, A.W. and Misalkar, H.D., 2015). Gambaran umum aplikasi sistem *IoT* dapat dilihat seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5. Internet of Things

3.1.9 *Mask R-CNN*

Mask R-CNN (*Mask Region-based Convolutional Neural Network*) adalah sebuah metode *state-of-the-art* dalam bidang *computer vision* yang digunakan untuk tugas deteksi objek dan segmentasi semantik pada gambar. Metode ini merupakan pengembangan dari *Faster R-CNN*, yang telah terbukti efektif dalam mendeteksi objek dengan cepat dan akurat.

Mask R-CNN menyatukan dua tugas penting dalam *computer vision*: deteksi objek dan segmentasi instance. Deteksi objek bertujuan untuk menemukan lokasi *bounding box* objek dalam gambar, sementara segmentasi instance bertujuan untuk mengidentifikasi piksel-piksel yang terkait dengan setiap objek yang terdeteksi.

Dalam implementasinya, *Mask R-CNN* memperluas arsitektur *Faster R-CNN* dengan menambahkan satu tahap tambahan untuk menghasilkan masker segmentasi pada setiap *bounding box* yang terdeteksi. Tahap ini disebut "*mask head*" dan menggunakan proses pengembangan (*upsampling*) untuk menghasilkan masker dari fitur-fitur yang ditemukan pada tahap deteksi.

Mask R-CNN memanfaatkan jaringan konvolusi untuk memahami fitur-fitur visual dari gambar. Pertama, gambar dijalankan melalui jaringan konvolusi untuk menghasilkan fitur-fitur tingkat tinggi. Kemudian, fitur-fitur



ini digunakan untuk melakukan deteksi objek dengan mengidentifikasi *bounding box* yang mungkin dan menghitung probabilitas kelas dan *offset* untuk setiap *bounding box*. Selanjutnya, *mask head* akan memproses fitur-fitur ini untuk menghasilkan masker segmentasi yang akurat untuk setiap objek yang terdeteksi.

Metode *Mask R-CNN* telah menunjukkan kinerja yang luar biasa dalam berbagai tugas komputer visi, termasuk segmentasi objek, pengenalan wajah, deteksi manusia, dan banyak lagi. Dengan kemampuannya untuk menggabungkan deteksi objek dan segmentasi *instance* dalam satu arsitektur yang efisien, *Mask R-CNN* telah menjadi salah satu pilihan utama untuk penelitian dan aplikasi di bidang *vision-based*.

3.1.10 Bware

Bwarea merupakan teknik pengolahan citra yang memperkirakan jumlah daerah dalam piksel yang terkandung pada sebuah gambar yang sudah dibinerisasi.

Total = *bwarea* (BW) memperkirakan wilayah objek dalam citra biner BW. total adalah skalar yang nilainya sesuai dengan jumlah total pada piksel dalam gambar, tapi mungkin tidak persis sama karena pola yang berbeda dari bobot piksel.

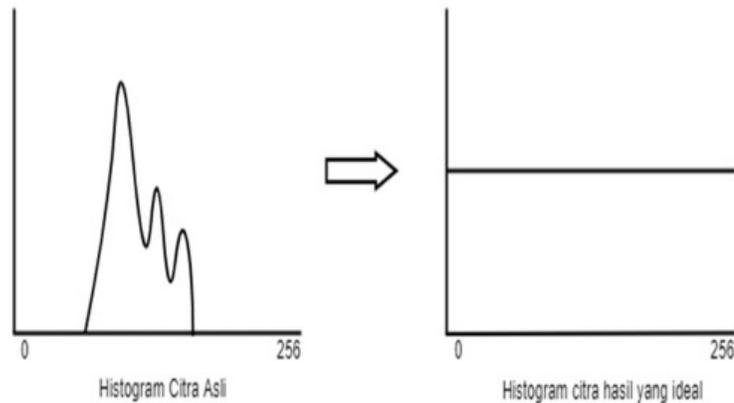
Algoritma *bwarea* memperkirakan luas dari semua piksel di dalam gambar dengan menjumlahkan bidang setiap piksel dalam gambar.

Bwarea sebagai alat ukur membantu visualisasi hasil dengan menghasilkan gambar dimanah setiap bentuk diberi label dengan nilai wilayah. *bwarea* tidak hanya menghitung jumlah piksel diaktifkan, namun. Sebaliknya, bobot *bwarea* pola piksel di hitung tidak merata. Bobot ini mengkompensasi distorsi yang melekat dalam merepresentasikan sebuah gambar terus menerus dengan *piksel* diskrit (Makalalag, R.A., *et al* 2012).

Bwarea merupakan teknik pengolahan citra yang memperkirakan jumlah daerah dalam *piksel* yang Gambar di bawah :



: Proses perataan histogram



Gambar 2. 6. Perubahan histogram menggunakan Bwarea

Terkandung pada sebuah gambar yang sudah dibinerisasi. Suatu daerah adalah pengukuran ukuran latar depan (*foreground*) dari citra atau dapat juga dikatakan sebagai jumlah piksel pada citra. Fungsi ini tidak secara sederhana hanya menghitung jumlah piksel, tetapi juga melakukan pembobotan pola piksel yang berbeda ketika menghitung suatu area. Total = *bwarea* (BW) memperkirakan wilayah objek dalam citra biner BW. total adalah skala yang nilainya sesuai dengan jumlah total pada piksel dalam gambar, tapi mungkin tidak persis sama karena pola yang berbeda dari bobot piksel. BW dapat berupa numerik atau logis. Untuk input numerik, setiap piksel nol dianggap ada. Algoritma *bwarea* memperkirakan luas dari semua piksel di dalam gambar dengan menjumlahkan bidang setiap piksel dalam gambar (Taufiq., 2021).

3.1.11 Regresi Linier

Regresi linear adalah teknik statistik yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis hubungan antara variabel dependen (y) dan satu atau lebih variabel independen (x). Dalam bentuk paling sederhananya, regresi linear sederhana, tujuan utama dari regresi linear adalah untuk menarik garis yang paling sesuai melalui titik data, biasanya dengan meminimalkan kuadrat kesalahan antara nilai yang diamati dan nilai yang diprediksi oleh model. (Mantgomery, *et al* 2012)



Persamaan regresi linear sederhana:

$$y = ax + b \quad (1)$$

di mana a adalah slope yang menunjukkan seberapa banyak y berubah untuk setiap perubahan unit dalam x , dan b adalah intercept y , yang menunjukkan nilai y ketika $x = 0$.

3.1.12 Polinomial

Polinomial adalah ekstensi dari regresi linear, di mana hubungan antara variabel independen (x) dan variabel dependen (y) dimodelkan sebagai polinomial derajat kedua atau lebih tinggi. Khususnya, regresi polinomial derajat 2 memperkenalkan komponen kuadrat untuk menangkap hubungan non-linear antara variabel-variabel tersebut. Model ini sangat berguna ketika data menunjukkan pola melengkung atau parabolik.

Interpolasi *polynomial* adalah metode interpolasi yang menggunakan *polinom* sebagai fungsi yang melewati melalui titik-titik data yang diketahui. Dalam metode ini, polinom yang memiliki derajat paling rendah (seperti *polinom* linear atau kuadrat) digunakan untuk menghubungkan titik data. Prosesnya melibatkan penentuan koefisien *polinom* berdasarkan syarat interpolasi yang diberikan (Weisberg S, 2014).

Persamaan polynomial sederhana:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 \quad (2)$$

Dimana koefisien β_0 , β_1 , dan β_2 dalam model masing-masing merepresentasikan intercept, efek linear, dan efek non-linear dari x terhadap y . Pendekatan ini sangat berguna dalam analisis data di mana hubungan antara variabel tidak sepenuhnya linier dan membutuhkan pola yang lebih kompleks untuk menjelaskannya.



2.2 Tinjauan Jurnal Penelitian

Penulis melaksanakan tinjauan terhadap jurnal penelitian yang relevan dan juga sebagai perbandingan hasil penelitian yang berhubungan dengan sistem pemberian pakan, penggunaan alat *IoT* dan metode-metode yang tepat digunakan dalam menyelesaikan masalah. Penelusuran jurnal dilakukan pada situs *IEEEExplore* serta beberapa situs lainnya dan review jurnal dilaksanakan dengan menggunakan matriks jurnal penelitian terkait. Berikut review dari beberapa jurnal yang penulis analisis yang sangat relevan dengan tema penelitian yang akan diajukan:

- *State Of The Art*

Untuk menggambarkan metode yang tepat dalam menyelesaikan masalah, penulis membuat sebuah tabel yang menjadi acuan dalam penyelesaian masalah dalam bentuk tabel *State of The Art*.

Tabel 2.1. Matriks Jurnal Penelitian Terkait

No	Judul, Nama, Tahun dan Penerbit	Objek dan Permasalahan	Metode Penyelesaian	Kinerja	Korelasi <.,=,>
1	Estimation System For Mud Crab Weight Using Digital Image Processing	Objek: -Kepiting Bakau Permasalahan: -Bagaimana mengestimasi berat kepiting bakau menggunakan pengolahan citra	Menggunakan Pemodelan Machine Learning-Sepervised Machine Learning dengan Metode BRISK dan FLANN, Serta menggunakan Regresi Linier, Polinomial dan SVR dalam mengestimasi berat	Kinerja topik yang diusulkan mampu melakukan segmentasi pada citra kepiting dan melakukan estimasi berat.	=
2	Incorporating Intelligence in Fish Feeding System for Dispensing Feed based on Fish Feeding Intensity, Mutiu A. Adegbeye, <i>et al</i> , 2020, IEEE	Objek: -Ikan Permasalahan: -Pemberian Pakan Berdasarkan Perilaku Pergerakan Ikan	Menggunakan analisis getaran perilaku ikan dan jaringan saraf tiruan serta pengembangan 8-directional Chain Code generator algorithm	Akurasi: 8-directional Chain Code:100% dibandingkan Pengembangan klasifikasi dengan menggunakan Fourier Descriptors yang hanya	=



				memiliki akurasi: 35.60%.	
3	Development of Automatic Fish Feeder, Nasir Uddin, et al, 2016, Global Journal of Research In Engineering	Objek: -Ikan Permasalahan: -Bagaimana mengembangkan alat pemberi pakan otomatis.	Menggunakan perangkat yang terdiri dari motor, dudukan, penyimpanan ikan PLC (Programmable Logic Circuit(dan GSM (Global System for Mobile) untuk membuat alat pemberi pakan ikan otomatis	Kinerja dari sistem atau alat yang dikembangkan sangat baik dimana seperti pemberian pakan berdasarkan interval waktu, deteksi pakan yang tersisa serta pemberitahuan melalui SMS bekerja dengan baik.	<
4	Judul: -Creation of integrated system for feeding management activities automation in beef breeding, Alshyn Altybayev , et al, 2020, E3s Sciences.	Objek: -Sapi Permasalahan: -Bagaimana membuat sistem terintegrasi untuk otomatisasi kegiatan manajemen pakan.	Menciptakan dan mengimplementasikan teknologi informasi yaitu pengembangan software dan hardware untuk kegiatan manajemen pakan dengan menganalisa dasar ilmiah dari management pakan pada peternakan sapi.	Sistem bekerja dengan baik dalam mengoptimasi kegiatan manajemen pakan di peternakan sapi, yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi feedlot.	>
5	Judul: -Development of Automatic Fish Feeding System based on Gaspng Behavior, Ratna Aisuwarya, et al, 2018, IEEE	Objek: - Ikan Permasalahan: - Pemberian Pakan Pada Ikan	-Menggunakan sensor Gyroscope untuk mendeteksi riak air yang diakibatkan perilaku gasping.	-Sistem mampu memberikan pakan pada ikan dengan baik namun sistem tidak dapat membedakan riak air yang disebabkan oleh ikan saat mencari makan dengan saat mencari oksigen	=
6	<i>IoT</i> Based Domestic Fish	Objek: - Ikan	Menggunakan microcomputer	Sistem mampu memberikan	<



	Feeder, Dr. I S Akila, et al, 2017, IEEE	Permasalahan: - Pemberian Pakan Pada Ikan	Raspberry Pi dan camera untuk monitoring ikan	pakan dengan baik berdasarkan jadwal dan memonitoring ikan	
7	Feeder Developing fish feeder system using Raspberry Pi, Hidayatul Nur Binti Hasim, et al, 2018, IEEE	Objek: - Ikan Permasalahan: - Pemberian Pakan Pada Ikan	Menggunakan microcontroller Raspberry Pi	Sistem mampu memberikan pakan dengan baik berdasarkan jadwal	<
8	Fish Feeding Automation and Aquaponic Monitoring System Base on <i>IoT</i> , Akbar Riansyah, et al, 2020, IEEE	Objek: - Ikan Permasalahan: - Pemberian Pakan dan Monitoring Aquaponic Pada Ikan	Menggunakan microcontroller arduino	Sistem mampu memberikan pakan dengan baik berdasarkan jadwal.	<
9	Smart Fish Feeder Using Arduino Uno With Fuzzy Logic Controller, Nisa Harum Harani, et al, 2019, IEEE	Objek: - Ikan Permasalahan: - Pemberian Pakan Pada Ikan	Menggunakan microcontroller Arduino dengan algoritma Fuzzy	Sistem mampu memberikan pakan dengan baik berdasarkan jadwal.	<
10	<i>AIoTs</i> for Smart Shrimp Farming. Ing-Jer Huang et al, 2019, IEEE.	Objek: - Udang Permasalahan: - Pemberian Pakan Pada Udang	Menggunakan microcomputer Raspberry Pi	Sistem mampu memberikan pakan dengan baik berdasarkan jadwal	<
11	Optimizing feed automation: improving timer-feeders and on demand systems in semi-intensive pond culture of shrimp <i>Litopenaeus</i>	Objek: - Udang Permasalahan: - Meningkatkan Waktu Pemberian Pakan dan Pemberian Pakan Berdasarkan Permintaan Kekenyanagan	Menjadikan parameter kondisi air atau lingkungan untuk menentukan pakan yang akan diberikan	Sistem mampu memberikan pakan dengan baik berdasarkan parameter	=



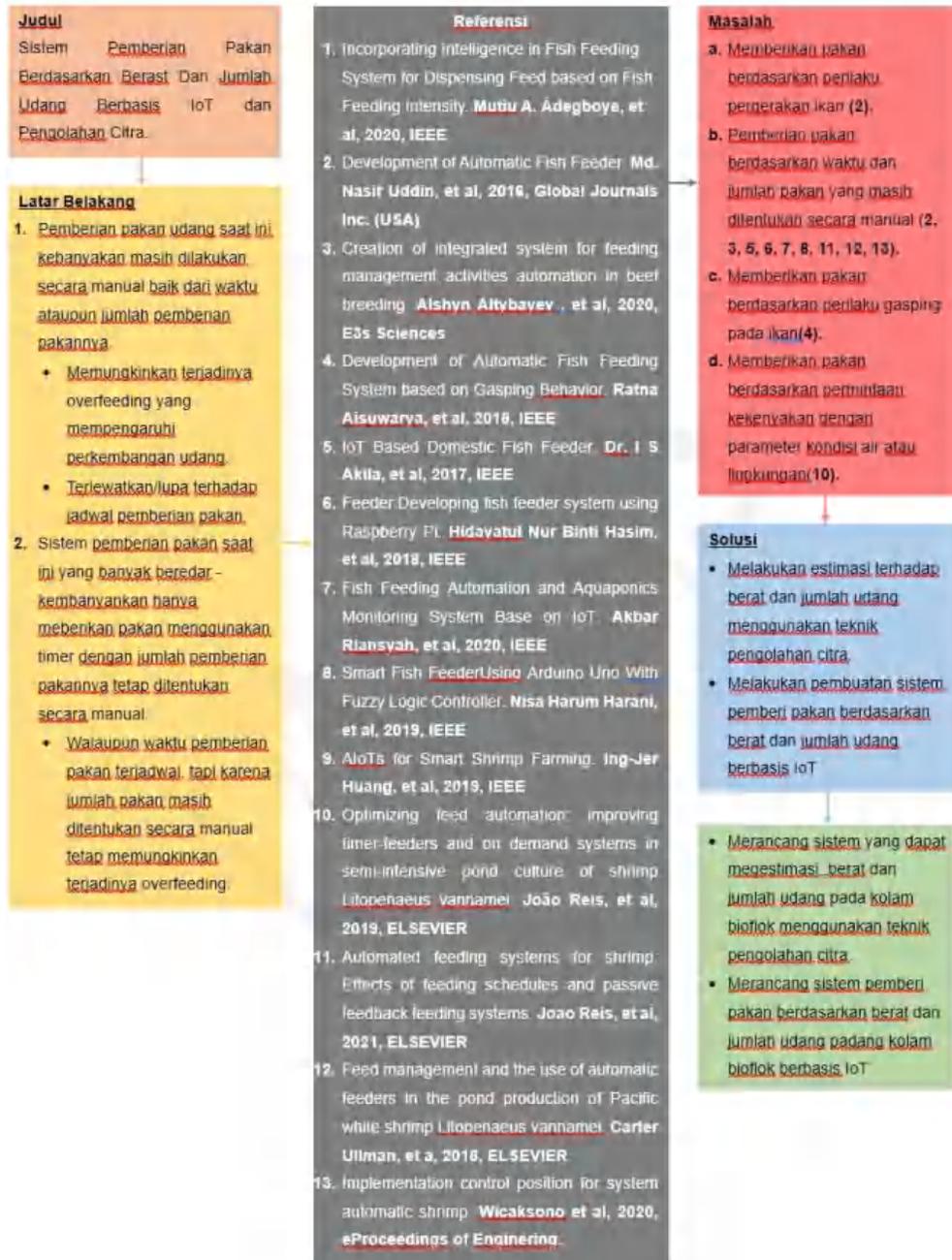
	vannamei, Joao Reis, et al, 2019, ELSEVIER				
12	Automated feeding systems for shrimp: Effects of feeding schedules and passive feedback feeding systems, Joao Reis, et al, 2021, ELSEVIER	Objek: - Udang Permasalahan: - Efek pemberian pakan terjadwal	Menggunakan metode regresi linear	NA	=
13	Sistem cerdas pemberian pakan otomatis dalam peningkatan produktivitas panen udang, Novianda N, 2019 JURUTERA-Jurnal Umum Teknik Terapan.	Objek: - Udang Permasalahan: - Pemberian Pakan Pada Udang	Menggunakan mikrokontroller Arduino	Sistem mampu memberikan pakan dengan baik berdasarkan jadwal	<
14	Implementatio n control position for system automatic shrimp. Wicaksono et al, 2020, eProceedings of Engineering.	Objek: - Udang Permasalahan: - Pemberian Pakan Pada Udang, control posisi.	Menggunakan microcomputer Raspberry Pi dan deteksi objek dengan filter HSV.	Dapat mendeteksi objek “bola” pada jarak kurang dari 20 meter, sebagai titik lokasi pemberian pakan.	=

Berdasarkan tabel State of the Art di atas dapat disimpulkan bahwa topik yang diusulkan lebih baik atau baru, penelitian yang diusulkan menggunakan beberapa algoritma berbeda untuk menentukan nilai dengan parameter berbeda dalam melakukan pemberian pakan berdasarkan berat dan jumlah udang pada kolam bioflok berbasis iot dan pengolahan citra.



2.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka pikir dapat dilihat pada gambar 2.7, yang menjelaskan mengenai alur penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. 7. Kerangka Pikir