



IoT dan Pengolahan Citra untuk Sistem Pakan Otomatis Udang dalam Kolam Bioflok

Justam¹, M. Hasanuddin², Husni Mubarak³, Rahmah⁴, Titin Nurjanah⁵

Program Studi Informatika, Universitas Mega Buana Palopo¹

Program Studi Sistem Informasi, Universitas Mega Buana Palopo^{2,4,5}

Program Studi Sistem Informasi, Universitas Kristen Indonesia Paulus³

Jl. Andi Ahmad No. 25, Wara Utara, 91913, Kota Palopo, Sulawesi Selatan, Indonesia^{1,2,4,5}

justam@umegabuana.ac.id*¹, Hasanuddin@umegabuana.ac.id², husni@ukipaulus.ac.id³,

raahmah77@gmail.com⁴, titinnurjannahplp@gmail.com⁵

Kata Kunci :

Budidaya Udang
Vaname;
Pengolahan Citra,
Estimasi Berat;
Mask R-CNN;
Pemberian Pakan
Otomatis.

ABSTRAK

Pemberian pakan dalam budidaya udang vaname sangat penting karena mempengaruhi pertumbuhan udang. Saat ini, pengukuran berat rata-rata udang untuk menentukan jumlah pakan dilakukan secara manual, yang memakan waktu dan meningkatkan biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat mengestimasi berat rata-rata udang secara otomatis. Penelitian ini mengimplementasikan teknologi pengolahan citra digital untuk mengestimasi berat rata-rata udang vaname berdasarkan citra udang yang diambil. Fitur-fitur citra, seperti jumlah piksel, digunakan untuk estimasi berat rata-rata udang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa regresi linier dengan Mean Absolute Error (MAE) sebesar 0,7752 dan regresi polinomial dengan MAE sebesar 0,6869 dapat digunakan untuk estimasi berat udang vaname. Selain itu, penggunaan metode Mask R-CNN terbukti efektif dalam mendeteksi dan menghitung jumlah udang dengan MAE sebesar 0,373. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pemberian pakan sesuai takaran yang dihitung berdasarkan estimasi berat udang dapat meningkatkan efisiensi dalam budidaya udang vaname. Sistem ini memberikan solusi cepat dan akurat untuk memperbaiki proses pemberian pakan, mengurangi biaya operasional, serta mengurangi risiko cedera bagi pembudidaya.

Keywords

Vannamei Shrimp
Farming;
Image
Processing;
Weight
Estimation;
Mask R-CNN;
Automatic
Feeding.

ABSTRACT

Feeding in vannamei shrimp farming is crucial as it significantly affects shrimp growth. Currently, the average weight of shrimp is measured manually to determine the amount of feed, which is time-consuming and increases operational costs. Therefore, an automatic system to estimate the average weight of shrimp is needed. This study implements digital image processing technology to estimate the average weight of vannamei shrimp based on captured shrimp images. Image features, such as pixel count, are used to estimate shrimp weight. The results show that linear regression with a Mean Absolute Error (MAE) of 0.7752 and polynomial regression with an MAE of 0.6869 can effectively estimate the shrimp weight. Additionally, the Mask R-CNN method is proven effective in detecting and counting shrimp with an MAE of 0.373. The study also demonstrates that feeding according to the estimated shrimp weight improves efficiency in vannamei shrimp farming. This system offers a quick and accurate solution to improve the feeding process, reduce operational costs, and minimize injury risks for farmers..

---Jurnal JISTI @2024---



PENDAHULUAN

Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*), yang dikenal juga sebagai udang kaki putih, adalah jenis udang air asin yang berasal dari perairan Amerika Latin dengan kondisi iklim subtropis (Wyban J., et al., 1991). Sebagai komoditas yang penting dalam budidaya perikanan, udang vaname sering kali menghadapi tantangan dalam hal hasil panen yang kurang maksimal, yang menjadi kendala utama bagi petani tambak. Sumber daya yang terbatas sering kali menyebabkan kesulitan dalam mengendalikan hasil panen. Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil panen adalah pemberian pakan. Pemberian pakan yang berlebihan tidak hanya meningkatkan biaya produksi, tetapi juga menyebabkan pemborosan dan sisa pakan yang dapat menurunkan kualitas air, yang pada gilirannya memengaruhi pertumbuhan dan sintasan udang (Tahe S, dkk, 2011).

Pemberian pakan yang tepat merupakan faktor krusial untuk memastikan pertumbuhan udang yang optimal. Menurut Suprpto (2005) dan Suwardi (2011), agar udang vaname dapat tumbuh dengan baik, pakan yang diberikan harus memenuhi kualitas yang baik serta jumlah yang cukup (Tahe S, dkk, 2011). Saat ini, pemberian pakan pada udang vaname umumnya dilakukan secara manual, di mana pakan diberikan sebanyak tiga kali sehari dengan cara disebar secara merata dari pinggir tanggul tambak (Tahe S, dkk, 2011).

Namun, pemberian pakan secara manual memiliki banyak kelemahan, seperti kemungkinan terjadinya kelebihan atau kekurangan pakan yang dapat memengaruhi perkembangan udang dan hasil produksi tambak. Meskipun telah ada alat pemberi pakan otomatis yang menggunakan timer, sistem ini masih menentukan jumlah pakan secara manual berdasarkan pengalaman petambak sebelumnya, sehingga kemungkinan kesalahan dalam jumlah pemberian pakan masih ada.

Rangkuman Masalah:

1. Pemberian pakan pada udang masih banyak dilakukan secara manual, baik dalam hal waktu maupun jumlah pakan yang diberikan.
2. Alat pemberi pakan otomatis yang ada saat ini sebagian besar masih menggunakan timer, dengan jumlah pakan yang tetap ditentukan secara manual.

Berdasarkan masalah tersebut, diperlukan sebuah sistem pemberian pakan otomatis yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan untuk memonitor perkembangan udang secara otomatis. Sistem ini akan memberi informasi kepada petambak mengenai pemberian pakan yang sesuai dengan kondisi udang di dalam tambak. Teknologi Internet of Things (IoT) dapat dimanfaatkan untuk mempermudah petambak dalam mengontrol pemberian pakan secara otomatis, tanpa harus datang langsung ke tambak. Sistem kontrol ini akan secara otomatis memberikan pakan berdasarkan perkembangan udang pada waktu yang telah ditentukan, dengan akses yang cepat dan mudah kapan saja dan di mana saja.

KAJIAN PUSTAKA

1. Udang

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. *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).

3. Pakan

Pakan adalah makanan/asupan yang diberikan kepada hewan ternak (peliharaan). Istilah ini diadopsi dari bahasa Jawa. Pakan merupakan sumber energi dan materi bagi pertumbuhan dan kehidupan makhluk hidup. Zat yang terpenting dalam pakan adalah protein . Pakan berkualitas adalah pakan yang kandungan protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitaminnya seimbang.

4. Mask R-CNN

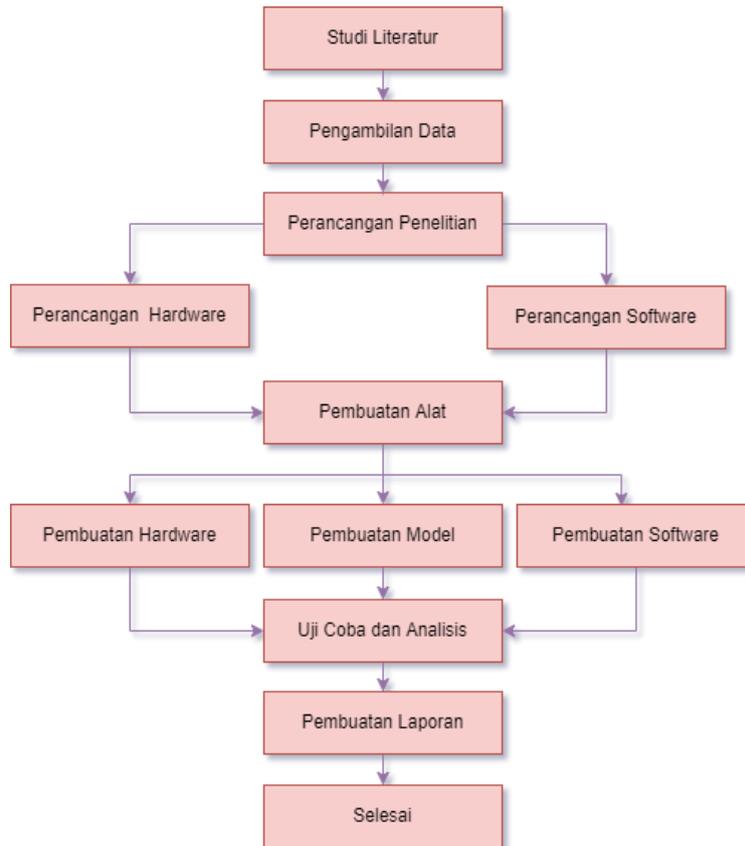
Mask R-CNN (Mask Region-based Convolutional Neural Network) adalah sebuah metode state-of-the-art dalam bidang computer vision yang digunakan untuk tugas deteksi objek dan segmentasi semantik pada gambar. Metode ini merupakan pengembangan dari Faster R-CNN, yang telah terbukti efektif dalam mendeteksi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

METODE PENELITIAN

1. Tahapan Penelitian

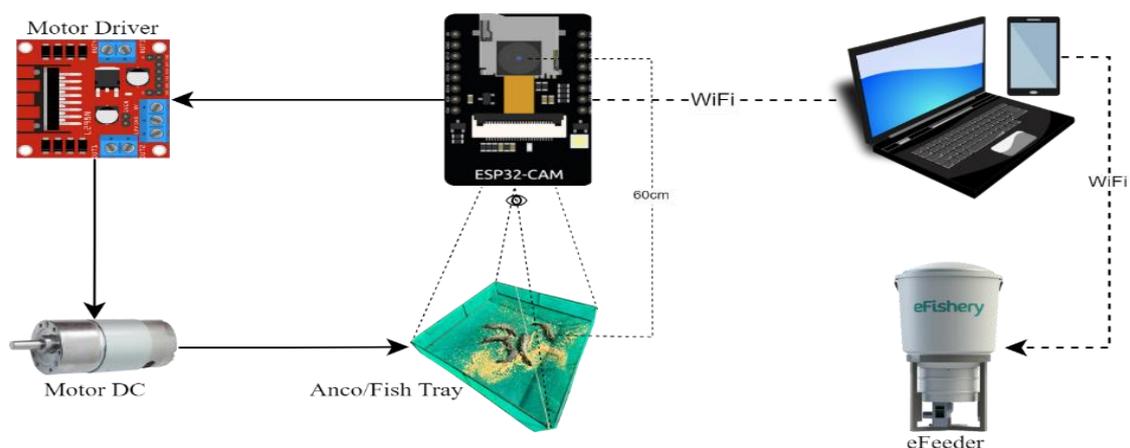
Tahapan penelitian merupakan serangkaian langkah yang dilakukan untuk memastikan bahwa penelitian berjalan secara sistematis. Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Tahapan Penelitian

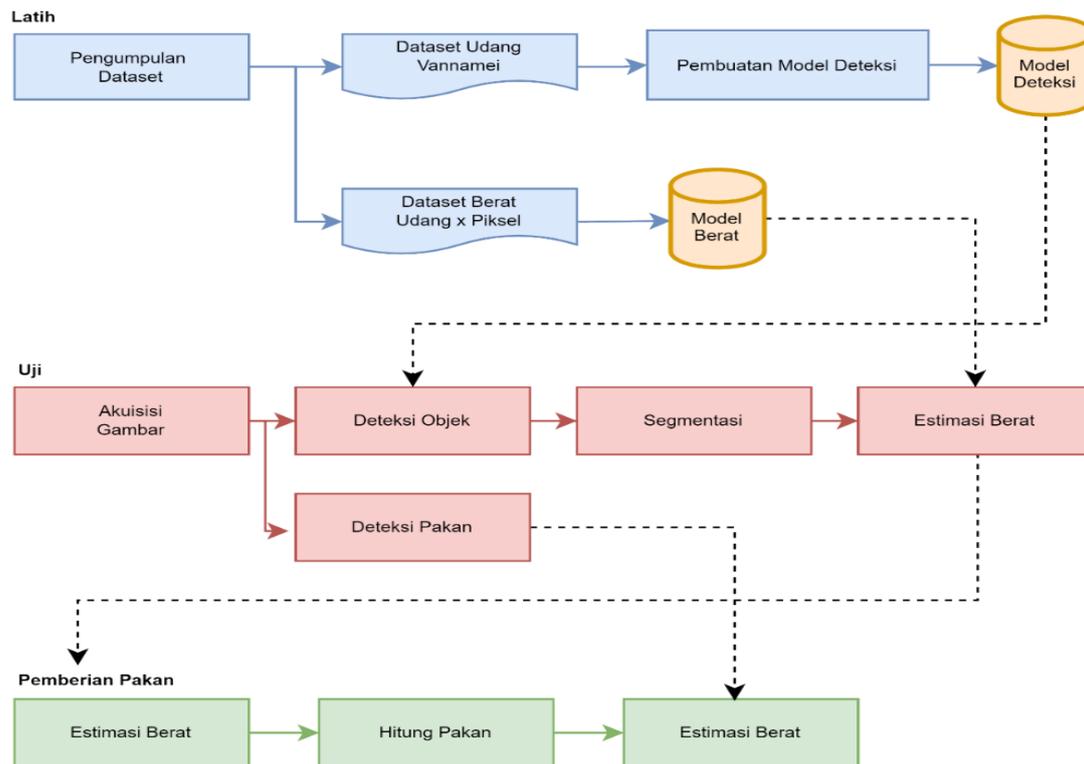
2. Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem terdapat rancangan perangkat keras atau hardware sebagai kebutuhan untuk alat pengambilan citra udang yang digunakan sebagai data penelitian ini, selain itu perangkat keras yang akan digunakan untuk memberikan pakan secara otomatis serta untuk menguji tingkat kinerja dari sistem yang dibuat. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras

selain gambar 2, gambar 3 Menampilkan perancangan *software* ini terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap pelatihan, tahap pengujian dan tahap pemberian pakan/estimasi pakan.



Gambar 3. Perancangan Perangkat Lunak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan proses training pada sistem yang dirancang dalam penelitian ini dengan menggunakan fitur dan metode yang diusulkan. Setiap citra uji yang diperoleh melalui kamera pada alat yang dirancang dalam penelitian ini kemudian diolah dimulai dengan proses preprocessing dan dilanjutkan dengan proses segmentasi udang. Setelah objek udang diperoleh maka fitur yang digunakan diambil dari citra tersebut. Nilai fitur tersebut kemudian digunakan sebagai inputan pada sistem sehingga diperoleh hasil berupa berat estimasi pemberian pakan. Serangkaian pengujian dilakukan sehingga diketahui tingkat kinerja dari sistem yang diusulkan pada penelitian ini.

1. Hasil Perhitungan Udang Vaname.

Perhitungan jumlah udang dilakukan dengan menggunakan satu kelas saja, yaitu udang vaname. Sebelum melakukan proses training, citra udang vaname telah dilakukan proses labeling. Pemilihan satu kelas ini dilakukan karena tidak terdapat objek lain yang perlu dideteksi selain jumlah udang pada citra yang sedang diolah. Hal ini memudahkan analisis dan meminimalkan kompleksitas dalam proses perhitungan. Menggunakan satu kelas yang telah terlabel dengan baik, diharapkan hasil penelitian ini memiliki tingkat akurasi dan ketepatan yang tinggi dalam mengidentifikasi jumlah udang vaname pada citra yang diuji.



Gambar 4. Grafik Pengujian Perhitungan Jumlah Udang

Tabel 1. Perbandingan Jumlah Manual dan Sistem

No	Gambar Pagi	Skenario	Keterangan Jumlah	Gambar Sore	Skenario	Keterangan Jumlah
1		Manual	:35		Manual	:37
		Sistem	:35		Sistem	:37
2		Manual	:36		Manual	:40
		Sistem	:35		Sistem	:39
3		Manual	:37		Manual	:46
		Sistem	:37		Sistem	:45
4		Manual	:38		Manual	:48
		Sistem	:37		Sistem	:46
5		Manual	:39		Manual	:52
		Sistem	:37		Sistem	:49



Dari Gambar 4 dan Tabel 1 kita dapat melihat bahwa nilai dari "Jumlah (Manual)" dan "Jumlah (Sistem)" adalah hampir sama untuk setiap indeks dalam dataset. Ini berarti bahwa sistem yang kita bangun memberikan hasil yang hampir sama dengan perhitungan manual. Dalam konteks ini, ini adalah indikasi yang baik karena menunjukkan bahwa sistem ini bekerja dengan cukup baik walaupun terjadi selisih jumlah hasil deteksi dengan jumlah asli tapi perbedaannya tidak terlalu signifikan dan masih dapat dikategorikan baik.

Adanya perbedaan jumlah hasil yang berhasil dideteksi sistem dengan jumlah asli pada citra yang diproses umumnya terjadi ketika terjadi penumpukan objek udang yang sangat ekstrem dan pada skenario pengambilan gambar pada sore hari yang mempengaruhi intensitas cahaya. Selain dipengaruhi oleh penumpukan objek yang cukup ekstrem dan pengaruh intensitas cahaya pada citra yang diproses, menurut analisis yang dilakukan juga dimungkinkan karena dataset yang digunakan dalam proses deteksi tidak terlalu banyak sehingga mengurangi kemampuan sistem dalam melakukan proses pendeteksian pada udang, namun sebenarnya perbedaan jumlah hasil deteksi sistem dan manual tidak terlalu mempengaruhi estimasi berat karena dari beberapa citra yang diproses tidak mendeteksi dua atau lebih objek menjadi satu objek sehingga untuk perhitungan piksel rata-rata tidak mempengaruhi secara signifikan hasil estimasi berat yang dilakukan.

Metrik evaluasi yang dihitung:

- *Mean Absolute Error (MAE)*: 0.373
- *Mean Squared Error (MSE)*: 0.949
- *Root Mean Squared Error (RMSE)*: 0.974
- *Koefisien Determinasi (R^2)*: 0.991

Nilai yang rendah untuk kedua metrik ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja yang sangat baik dalam mencocokkan perhitungan manual. Meskipun ada beberapa perbedaan antara perhitungan manual dan sistem (sebagaimana ditunjukkan oleh nilai *MAE* dan *MSE* yang tidak nol), perbedaan ini relatif kecil. Kesimpulannya, sistem tampaknya bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang sangat mirip dengan perhitungan manual.

2. Hasil Estimasi Berat

Dalam penelitian ini, dilakukan estimasi berat rata-rata udang pada citra yang diuji melalui proses pengujian sistem dengan menggunakan fitur jumlah piksel. Data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya digunakan dalam proses pengujian tersebut. Hasil dari proses pelatihan tersebut merupakan sistem estimasi berat udang vaname yang telah berhasil dikembangkan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Estimasi Berat

No.	Jumlah Piksel	Berat (gram)	Aktual (gram)	Regresi Linear (gram)	Regresi Polinomial (gram)
1	6678	8.450		7.214	7.486
2	6693	8.722		7.238	7.506
3	6834	8.262		7.460	7.698
4	7057	9.136		7.811	8.001
5	7171	8.453		7.990	8.157



6	7205	9.061	8.043	8.203
7	7421	8.903	8.383	8.499
8	7558	9.164	8.599	8.687
9	7565	9.123	8.610	8.696
10	7909	9.222	9.151	9.171
....

- Regresi Linear

Proses pelatihan metode regresi linear menghasilkan sebuah persamaan yang dapat digunakan untuk mengestimasi berat keping bakau, berikut ini adalah persamaan tersebut.

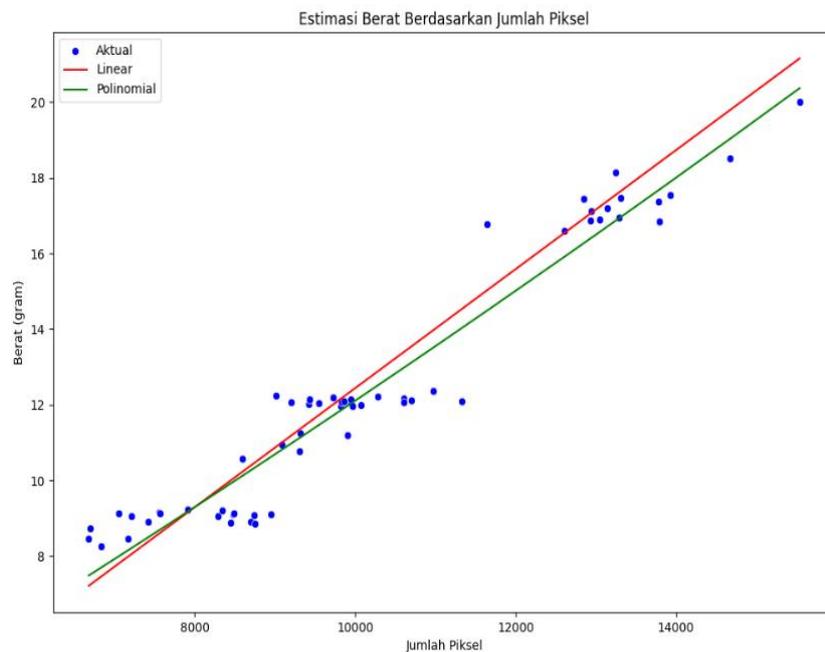
$$Berat = 0.00157315 * Jumlah\ Pixels - 3.291094957$$

- Polinomial

Sedangkan proses pelatihan untuk metode polinomial derajat 2 menghasilkan sebuah persamaan yang dapat digunakan untuk mengestimasi berat udang vaname, berikut ini adalah persamaan tersebut.

$$Berat = -1.0628 + 0.0012x + 0.000000011163x^2$$

Proses pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode-metode estimasi berat udang diatas pada data uji yang telah dipersiapkan sebelumnya. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hasil dari proses pengujian tersebut.



Gambar 5. Grafik Pengujian Berat Berdasarkan Jumlah Pixel

Berdasarkan hasil pengujian diatas, tingkat kinerja dari metode-metode tersebut dalam mengestimasi berat dari setiap udang vaname diperlihatkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 3 Pengujian Jumlah Pixel



Model	MAE	MSE	RMSE	R ²
Linear	0.7752	0.9072	0.9524	0.9156
Polinomial	0.6869	0.7118	0.8437	0.9338

Hasil pengujian menunjukkan bahwa;

Mean Absolute Error (MAE): MAE mengukur rata-rata kesalahan absolut dalam prediksi yang dibuat oleh model. Nilai yang lebih rendah menunjukkan model yang lebih baik. Dalam kasus ini, Model Polinomial memiliki MAE yang lebih rendah (0.6887) dibandingkan dengan Model Linear (0.7752), yang menunjukkan bahwa Model Polinomial sedikit lebih akurat dalam hal kesalahan rata-rata absolut.

Mean Squared Error (MSE): MSE mengukur rata-rata kuadrat kesalahan dalam prediksi. Seperti MAE, nilai yang lebih rendah menunjukkan prediksi yang lebih akurat. Sekali lagi, metode Polinomial mencatat nilai MSE terendah (0.7118), menandakan bahwa secara keseluruhan, prediksinya memiliki kesalahan kuadrat rata-rata yang lebih kecil.

Root Mean Squared Error (RMSE): RMSE adalah akar kuadrat dari MSE dan memberikan ide tentang kesalahan prediksi dalam unit yang sama dengan variabel yang diprediksi. RMSE metode Polinomial adalah yang terendah (0.8437), menunjukkan bahwa metode ini paling akurat dalam memprediksi berat berdasarkan jumlah piksel.

Coefficient of Determination (R2): R2 mengukur seberapa baik prediksi yang dihasilkan cocok dengan data aktual. Nilai yang mendekati 1 menunjukkan prediksi yang sangat akurat. Metode Polinomial memiliki nilai R2 tertinggi (0.9338), yang menunjukkan bahwa model ini memiliki kesesuaian terbaik dengan Metode Linier

3. Hasil Perhitungan Sisa Pakan

Pada tahap ini juga dilakukan perhitungan terhadap jumlah pakan yang tersisa pada anco/fishtray dimana telah disebutkan sebelumnya bahwa jumlah piksel hasil segmentasi pakan diasumsikan sebagai jumlah pakan yang tersisa, ketika jumlah piksel mengalami penurunan yang signifikan setiap rentang waktu maka dianggap bahwa konsumsi pakan pada udang sangat baik begitupula sebaliknya ketika jumlah piksel tdk mengalami penurunan yang signifikan atau cenderung tidak berkurang maka dianggap konsumsi pakan pada udang kurang baik.

Tabel 4. Perubahan Piksel/10 Menit

Percobaan	Awal Waktu	Menit 10	Menit 20	Menit 30
1	36348	25080	18160	13543
2	43298	27954	20375	13872
3	44322	28978	21399	14896
4	45298	29954	22375	15872
5	38634	26459	20478	18404
6	41932	39845	39786	35648



7	35945	38231	26098	22013
8	43400	31305	25088	25091
9	43388	29929	22349	20452
10	43326	34136	24995	17631

Hasil pengujian yang dilakukan menghasilkan data pada Tabel 4 yang menunjukkan bahwa tingkat konsumsi atau pola makan udang dapat dikategorikan sebagai "sangat baik". Hal ini dapat dilihat dari perubahan yang signifikan dalam nilai piksel pada setiap interval waktu 10 menit. Terjadi penurunan jumlah piksel yang cukup mencolok pada setiap periode waktu tersebut, mengindikasikan bahwa udang secara aktif dan antusias mengonsumsi pakan yang disediakan. Penurunan nilai piksel yang konsisten setiap 10 menit mencerminkan perilaku makan udang yang sehat dan aktif. Adanya respons positif ini menandakan bahwa pakan yang diberikan pada anco/fishtray berhasil menarik perhatian dan selera makan udang. Seiring berjalannya waktu, terlihat pola penurunan yang konsisten, menunjukkan bahwa konsumsi pakan pada udang berlangsung dengan baik. Hasil ini menjadi bukti yang mendukung kecocokan implementasi metode segmentasi warna menggunakan deteksi warna HSV dalam analisis perilaku makan udang.

4. Hasil Perhitungan Pemberian Pakan

Pada penelitian ini selanjutnya dilakukan perhitungan pemberian pakan yang akan diberikan berdasarkan hasil estimasi berat rata-rata yang telah diperoleh oleh sistem kemudian dengan menggunakan rumus:

$$\text{"Bobot x "Populasi / Estimasi Dosis'}$$

Keterangan :

$$\text{"Bobot = Estimasi berat rata-rata}$$

$$\text{"Populasi : Total populasi yang ditebar}$$

Untuk besaran persentasi atau estimasi dosis yang diberikan disesuaikan. Dosis pemberian pakan berdasarkan Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2016 yang ada pada tahapan penelitian yang telah dijelaskan.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pemberian Pakan

Berat Rata-Rata (gram)	Populasi	Dosis (%)	Estimasi Pakan (kg)
7.546153846	50000	4.2	15.8
7.32	50000	4.2	15.4
8.026666667	50000	4.2	16.9
7.352173913	50000	4.2	15.4
10.225	50000	3.5	17.9
9.793333333	50000	3.7	18.1
Berat Rata-Rata (gram)	Populasi	Dosis (%)	Estimasi Pakan (kg)
8.373333333	50000	4	16.7
10.144	50000	3.5	17.8



8.206060606	50000	4	16.4
9.585416667	50000	3.7	17.7

terdapat dua kemungkinan pendekatan. Pertama, terjadi penambahan jumlah pakan dari dosis yang telah ditentukan jika sisa pakan mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini dapat dilakukan untuk memastikan ketersediaan pakan yang cukup bagi udang dalam memenuhi kebutuhan nutrisi mereka. Kedua, dosis pakan tetap sesuai dengan takaran yang sudah ditentukan jika analisis menunjukkan bahwa sisa pakan tidak mengalami perubahan yang cukup signifikan atau bahkan cenderung tidak berkurang.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang sistem pemberian pakan otomatis berbasis IoT dan pengolahan citra pada kolam bioflok, dapat disimpulkan bahwa estimasi jumlah udang vaname dapat dilakukan dengan cepat dan otomatis menggunakan pengolahan citra digital, khususnya dengan algoritma Mask R-CNN yang efektif untuk menghitung dan melakukan segmentasi udang vaname pada citra. Estimasi berat rata-rata udang menggunakan teknik pengolahan citra dengan regresi linier dan polinomial menunjukkan akurasi yang baik, dengan MAE sebesar 0.7752 dan 0.6869, serta R2 sebesar 0.9156 dan 0.9338. Akurasi estimasi berat sangat dipengaruhi oleh deteksi jumlah udang yang tepat, yang menjadi parameter penting dalam perhitungan berat. Penggunaan ruang warna HSV dalam segmentasi pakan cukup efektif, namun akurasinya dipengaruhi oleh penumpukan pakan. Meskipun dosis pemberian pakan telah ditentukan, faktor lain seperti sisa pakan pada anco/fishtray juga mempengaruhi jumlah pakan yang diberikan.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi sistem dalam menghitung jumlah udang dan estimasi berat rata-rata udang secara otomatis tanpa intervensi manusia. Penelitian lebih lanjut mengenai hubungan antara fitur jumlah piksel dan berat udang dapat meningkatkan akurasi sistem. Selain itu, pengembangan metode segmentasi pakan yang lebih baik juga diperlukan untuk meningkatkan akurasi estimasi pakan. Diharapkan sistem ini dapat diterapkan pada lokasi budidaya udang vaname untuk membantu pelaku budidaya dalam pemberian pakan yang lebih efisien dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Burange, A.W. and Misalkar, H.D., 2015, March. Review of Internet of Things in development of smart cities with data management & privacy. In 2015 International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications (pp. 189-195). IEEE.
- Zainuddin, Zahir. "Detection and Counting of the Number of Cocoa Fruits on Trees Using UAV." *2023 IEEE International Conference on Industry 4.0, Artificial Intelligence, and Communications Technology (IAICT)*. IEEE, 2023.
- Wyban, J., "The Vannamei Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Aquaculture," *Aquaculture*, vol. 89, no. 2, pp. 315-321, 1991.
- Perdhana, D.N.K.C., 2020. Studi Pola Operasi Irigasi Tambak Komoditas Udang Vannamei di Kota Probolinggo (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Reis, J., Weldon, A., Ito, P., Stites, W., Rhodes, M. and Davis, D.A., 2021. Automated feeding systems for shrimp: Effects of feeding schedules and passive feedback feeding systems. *Aquaculture*, 541, p.736800.



-
- Suprpto, H., "Sistem Budidaya Udang yang Efektif," Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, 2005.
- Suardi, A., "Pemberian Pakan pada Udang Vaname," Jurnal Teknologi Perikanan, vol. 10, no. 3, pp. 78-83, 2011
- Tahe, S. and Suwoyo, H.S., 2011. Pertumbuhan dan sintasan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan kombinasi pakan berbeda dalam wadah terkontrol. *Jurnal Riset Akuakultur*, 6(1), pp.31-40..