



**ESTIMASI BERAT TUBUH UDANG HIDUP DI  
DALAM AIR MENGGUNAKAN CIRI  
MORFOMETRIK BERBASIS ANALISIS CITRA  
DIGITAL DAN PEMBELAJARAN MESIN**

**Arif Setiawan  
30000321510013**

**PROGRAM STUDI DOKTOR SISTEM INFORMASI  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2024**



**ESTIMASI BERAT TUBUH UDANG HIDUP DI  
DALAM AIR MENGGUNAKAN CIRI  
MORFOMETRIK BERBASIS ANALISIS CITRA  
DIGITAL DAN PEMBELAJARAN MESIN**

**Arif Setiawan  
30000321510013**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**PROGRAM STUDI DOKTOR SISTEM INFORMASI  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ESTIMASI BERAT TUBUH UDANG HIDUP DI DALAM AIR  
MENGUNAKAN CIRI MORFOMETRIK BERBASIS  
ANALISIS CITRA DIGITAL DAN PEMBELAJARAN MESIN**

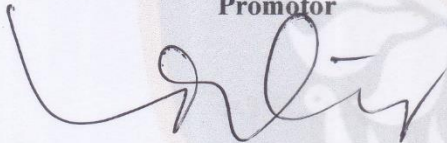
Oleh

**Arif Setiawan**

**NIM 30000321510013**

Telah diuji dan dinyatakan lulus ujian pada tanggal 6 bulan Maret tahun 2024 oleh  
Tim Penguji Program Studi Doktor Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro

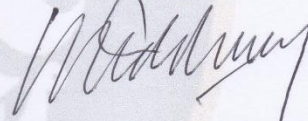
**Promotor**



Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU.

Tanggal: .....

**Co-Promotor**




Dr. Drs. Catur Edi Widodo, M.T.

Tanggal: .....

Mengetahui,

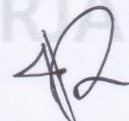
Dekan  
Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro



Dr. R.B Sularto, SH., M.Hum.

NIP. 196701011991031005

Ketua Program Studi  
Doktor Sistem Informasi  
Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro



Prof. Dr. Rahmat Gernowo, M.Si.

NIP. 196511231994031003



**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ESTIMASI BERAT TUBUH UDANG HIDUP DI DALAM AIR  
MENGUNAKAN CIRI MORFOMETRIK BERBASIS  
ANALISIS CITRA DIGITAL DAN PEMBELAJARAN MESIN**

Oleh

**Arif Setiawan**

**NIM 30000321510013**

Telah disetujui oleh:

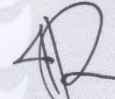
Pimpinan Sidang

Dr. R.B Sularto, SH., M.Hum.



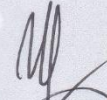
Sekretaris Sidang

Prof. Dr. Rahmat Gernowo, M.Si.

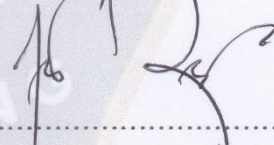


Anggota Tim Penguji

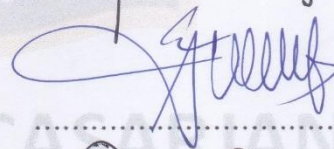
Prof. Dr. Kusworo Adi, S.Si., M.T.



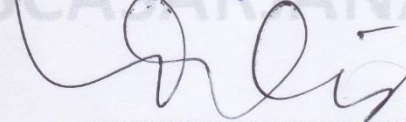
Prof. Dr. Ir. R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.,  
IPU, ASEAN Eng.



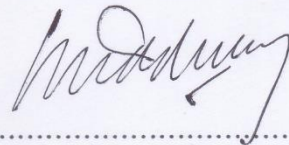
Prof. Dr. Eko Sedyono, M.Kom.



Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU.



Dr. Drs. Catur Edi Widodo, M.T.



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI DISERTASI  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arif Setiawan  
NIM : 30000321510013  
Program Studi : Doktor Sistem Informasi  
Program : Sekolah Pascasarjana  
Jenis Karya : Disertasi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Estimasi Berat Tubuh Udang Hidup di Dalam Air Menggunakan Ciri  
Morfometrik Berbasis Analisis Citra Digital dan Pembelajaran Mesin**

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak bebas Royalti Non Eksklusif ini Program Studi Doktor Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan mempublikasikan Disertasi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai Penulis/Pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Dibuat di: Semarang

Pada tanggal: 14 Maret 2024

Yang menyatakan



Arif Setiawan

NIM. 30000321510013

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:


Nama : Arif Setiawan  
NIM : 30000321510013  
Program Studi : Program Studi Doktor Sistem Informasi  
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Disertasi yang berjudul **“Estimasi Berat Tubuh Udang Hidup di Dalam Air Menggunakan Ciri Morfometrik Berbasis Analisis Citra Digital dan Pembelajaran Mesin”** adalah karya ilmiah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (doktor) di perguruan tinggi manapun.
2. Disertasi ini adalah murni ide, rumusan dan hasil penelitian saya serta dilakukan tanpa bantuan orang lain, kecuali Tim Promotor.
3. Disertasi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan judul aslinya serta dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh, dan sanksi lain sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Semarang, 14 Maret 2024

Yang Membuat Pernyataan,



Arif Setiawan



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Dr. Arif Setiawan, S.Kom, M.Cs**, lahir pada tanggal 23 Januari 1982, di Semarang, Jawa Tengah Indonesia. Penulis merupakan putra kedua dari Bapak H. Djoko Prajitno dan Ibu Hj. Sri Wahyuningsih. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri Tlogosari 06 Semarang pada tahun 1995. Pendidikan menengah ditempuh penulis pada SMP Negeri 15 Semarang pada tahun 1995-1997 dan SMA Negeri 15 Semarang pada tahun 1997-2000. Penulis menyelesaikan program Sarjana S1 pada jurusan Teknik Informatika Universitas Dian Nuswantoro, Semarang pada antara tahun 2000 – 2004, dan menyelesaikan program Magister S2 pada jurusan Ilmu Komputer pada Universitas Gadjah Mada antara tahun 2007-2009. Pada bulan Juli tahun 2021 Penulis terdaftar sebagai mahasiswa doktoral pada program Doktor Sistem Informasi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro Semarang untuk periode 2021 sampai 2024, dengan bidang penelitian pengolahan citra dan pembelajaran mesin. Disertasi yang disusun berjudul Estimasi Berat Tubuh Ulang Hidup di Dalam Air Menggunakan Ciri Morfometrik Berbasis Analisis Citra Digital dan Pembelajaran Mesin, berhasil diselesaikan dalam waktu 2 tahun, 6 bulan, 23 hari. Penulis bekerja sebagai dosen pada program studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus sejak tahun 2004 sampai sekarang, dan berkonsentrasi untuk bidang penelitian sistem informasi dan pengolahan citra.

SEKOLAH PASCASARJANA

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan Karunia, Taufik, Hidayah dan RidhoNya sehingga Penulis bisa menyelesaikan laporan Disertasi ini yang merupakan salah satu persyaratan akademik guna memperoleh gelar Doktor dalam Program Studi Doktor Sistem Informasi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro.

Judul yang diangkat dalam disertasi ini adalah **Estimasi Berat Tubuh Udang Hidup di Dalam Air Menggunakan Ciri Morfometrik Berbasis Analisis Citra Digital dan Pembelajaran Mesin.**

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyelesaian Disertasi ini telah melibatkan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian penyusunan laporan disertasi ini. Untuk itu dalam kesempatan ini Penulis ucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. Yos Johan Utama, S.H., M.Hum., selaku Rektor Universitas Diponegoro;
2. Prof. Dr. Ir. Darsono, M.Si., selaku Rektor Universitas Muria Kudus
3. Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum., selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
4. Prof. Dr. Drs. Rahmat Gernowo, M.Si., selaku Ketua Program Studi Doktor Sistem Informasi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
5. Prof. Dr. Eko Sedyono, M.Kom., selaku penguji eksternal, yang telah melakukan pengujian, memberikan masukan, kritik dan saran, sehingga Penulis bisa menyelesaikan laporan disertasi dengan baik dan benar.
6. Prof. Dr. Kusworo Adi, S.Si., M.T., selaku penguji I, yang telah melakukan pengujian, memberikan masukan, kritik dan saran, sehingga Penulis bisa lebih memahami keilmuan pengolahan citra dan pembelajaran mesin.
7. Prof. Dr. Ir. R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T., IPU., ASEAN Eng., selaku penguji II, sekaligus sekretaris program studi Doktor Sistem Informasi, yang telah memberikan komentar, saran dan masukan, sehingga Penulis bisa lebih



menyempurnakan laporan disertasi yang telah disusun.

8. Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU., selaku promotor yang telah mendampingi Penulis dalam melakukan penelitian, memberikan arahan dan bimbingan selama Penulis menyelesaikan penelitian dari awal sampai Penulis menyelesaikan laporan disertasi.
9. Dr. Catur Edi Widodo, M.T., selaku ko promotor yang telah memberikan ilmunya di bidang pengolahan citra dan pembelajaran mesin sehingga Penulis bisa melakukan penelitian dan menyelesaikan laporan disertasi.
10. Prof. Dr. Suryono, S.Si., M.Si. (almarhum), selaku promotor awal ketika Penulis melaksanakan penelitian, beliau telah memberikan tema penelitian tentang budidaya udang, semoga beliau khusnul khotimah.
11. Semua rekan seperjuangan DSI, khususnya DSI angkatan 3, sebagai teman diskusi selama Penulis melaksanakan penelitian, dan penyusunan laporan disertasi.
12. Rekan-rekan keluarga besar program studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus, yang tidak pernah berhenti dalam berdiskusi di bidang teknologi informasi.
13. Istri tercinta, Any Wahyuningsih, SE., dan kedua putri tersayang, Azqiya Patricia Tanzy Setiawan dan Aisyah Maxentia Prasysta Setiawan yang selalu setia menemani Penulis selama proses penelitian dan penyelesaian penyusunan laporan disertasi ini.
14. Ibunda tercinta Hj. Sri Wahyuningsih dan ibu mertua Hj. Sufiyanti yang tidak pernah letih akan doa, selalu mendoakan untuk kelancaran Penulis dalam menyelesaikan proses pendidikan S3.
15. Mengucapkan terima kasih kepada semua staf pada program studi Doktor Sistem Informasi, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro yang telah membantu Penulis untuk mengurus semua kewajiban administrasi selama Penulis menempuh studi S3.

Semarang, 14 Maret 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xix
ABSTRAK.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Udang .....	6
2.2.2 Berat Udang Hidup .....	7
2.2.3 Metode Pengambilan Sampel.....	9
2.2.4 Citra Digital.....	10
1. Citra Berwarna .....	12
2. Citra Keabuan .....	13

3. Citra Biner.....	15
2.2.5 Analisis Citra Digital .....	16
1. Batas Ambang ( <i>Thresholding</i> ).....	16
2. Deteksi Tepi ( <i>Edge Detection</i> ) .....	18
3. Daerah yang Diinginkan ( <i>Region of Interest - ROI</i> ).....	27
2.2.6 Deteksi Blob.....	24
2.2.7 Jarak Euclidean ( <i>Euclidean Distance</i> ) .....	26
2.2.8 Ciri Morfometrik Udang .....	27
2.2.9 Kalibrasi Nilai Ciri Morfometrik .....	28
1. Kemiripan Segitiga ( <i>Triangle Similarity - TS</i> ) .....	29
2. Faktor Koreksi ( <i>Correction Factor - CF</i> ).....	30
2.2.10 Pembelajaran Mesin ( <i>Machine Learning</i> ) .....	31
1. <i>Multiple Linear Regression</i> (MLR).....	32
2. <i>Support Vector Machine</i> (SVM).....	33
3. <i>Random Forest</i> (RF).....	34
4. <i>Decision Tree</i> (DT).....	35
5. <i>K-Nearest Neighbor</i> (KNN).....	36
6. <i>Backpropagation Neural Network</i> (BPNN).....	37
7. <i>Principal Component Regression</i> (PCR) .....	40
2.2.11 Metode Evaluasi.....	42
1. Sensitivitas Deteksi Tepi.....	42
2. Kesalahan Kuadrat Rata-Rata ( <i>Mean Square Error - MSE</i> ) .....	42
3. Kinerja Titik Kunci ( <i>Key Point Performance</i> ).....	43
4. Kesalahan Kuadrat Rata-Rata Akar ( <i>Root Mean Square Error - RMSE</i> ).....	44
5. Kesalahan Absolut Rata-Rata ( <i>Mean Absolute Error - MAE</i> ) .....	44
6. Koefisien Determinasi ( <i>Coefficient of Determination - R<sup>2</sup></i> ) .....	44
7. <i>Confusion Matrix</i> .....	44
2.2.12 Perangkat Lunak.....	45
BAB III METODE PENELITIAN .....	47
3.1 Bahan dan Alat Penelitian .....	47

3.2 Alur Penelitian .....	48
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
4.1 Pengambilan Data Citra Digital Udang.....	61
4.1.1 Skema Pengambilan Data.....	52
4.1.2 Data Citra Digital Udang di Dalam Air.....	53
4.2 Pemrosesan Awal ( <i>Preprocessing</i> ).....	54
4.2.1 Mengubah Citra Berwarna Menjadi Citra Keabuan .....	54
4.2.2 Proses Mendeteksi Tepi Citra Digital Udang .....	55
4.2.3 Analisis Hasil dan Pembahasan Deteksi Tepi pada Citra Digital Udang .....	58
4.2.4 Proses Mendeteksi ROI.....	64
4.2.5 Proses Mendeteksi Objek Udang Menggunakan Detektor Blob .....	66
4.2.6 Analisis Hasil dan Pembahasan Pendeteksian Citra Digital Udang Menggunakan Detektor Blob .....	67
4.3 Klasifikasi Untuk Membedakan Udang dan Bukan Udang .....	69
4.3.1 Proses Ekstraksi Ciri Morfometrik Objek di Dalam Air .....	70
4.3.2 Proses Klasifikasi .....	71
4.3.3 Analisis Hasil dan Pembahasan Klasifikasi untuk membedakan udang dan bukan udang .....	72
4.4 Estimasi Berat Udang Hidup di Dalam Air Menggunakan Mesin Pembelajaran.....	76
4.4.1 Proses Ekstraksi Ciri Morfometrik Citra Digital Udang .....	76
4.4.2 Proses Kalibrasi Nilai Ciri Morfometrik .....	77
4.4.3 Pengambilan Data Pelatihan .....	78
4.4.4 Pembuatan Model Untuk Pelatihan dan Pengujian Data.....	80
4.4.5 Analisis Hasil dan Pembahasan Estimasi Berat Udang Hidup di Dalam Air Menggunakan Pembelajaran Mesin .....	82
4.4.6 Pengujian Metode TS-CF-MLR.....	84
4.4.7 Analisis Hasil dan Pembahasan Estimasi Berat Udang Hidup di Dalam Air Menggunakan Metode TS-Cf-MLR.....	85
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>93</b>



5.1 Kesimpulan .....	93
5.1 Saran .....	94
DAFTAR PUSTAKA .....	95
LAMPIRAN.....	111



**SEKOLAH PASCASARJANA**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Probabilitas sampel .....	9
Gambar 2.2 Matriks citra digital $f(x,y)$ .....	10
Gambar 2.3 Representasi piksel pada citra digital .....	11
Gambar 2.4 Sudut sumbu warna pada citra digital .....	12
Gambar 2.5 Kanal citra berwarna .....	13
Gambar 2.6 Representasi nilai citra keabuan.....	14
Gambar 2.7 Contoh perubahan citra RGB menjadi citra keabuan.....	14
Gambar 2.8 Contoh nilai piksel pada citra keabuan .....	14
Gambar 2.9 Perubahan citra keabuan ke citra biner .....	15
Gambar 2.10 Nilai piksel pada citra biner .....	16
Gambar 2.11 Citra biner dengan batas ambang .....	18
Gambar 2.12 Deteksi tepi pada citra digital.....	19
Gambar 2.13 Kernel yang digunakan pada metode Roberts.....	20
Gambar 2.14 Kernel yang digunakan pada metode Prewitt.....	21
Gambar 2.15 Kernel yang digunakan pada metode Sobel.....	21
Gambar 2.16 Kernel yang digunakan pada metode LOG.....	22
Gambar 2.17 Kernel yang digunakan pada metode Canny.....	23
Gambar 2.18 Segmen garis ROI .....	24
Gambar 2.19 ROI pada citra digital .....	24
Gambar 2.20 Detektor Blob dengan tiga metode.....	26
Gambar 2.21 Jarak Euclidean antara 2 titik koordinat.....	27
Gambar 2.22 Ciri morfometrik udang.....	28
Gambar 2.23 Kemiripan Segitiga ABC-ADE.....	29
Gambar 2.24 Tiga metode mengolah data dalam pembelajaran mesin .....	31
Gambar 2.25 Skema <i>Multiple Linear Regression</i> .....	32
Gambar 2.26 Skema <i>Support Vector Machine</i> .....	33
Gambar 2.27 Skema <i>Random Forest</i> .....	34
Gambar 2.28 Skema <i>Decision Tree</i> .....	36

Gambar 2.29 Skema <i>K-Nearest Neighbor</i> .....	37
Gambar 2.30 Skema <i>Backpropagation Neural Network</i> .....	38
Gambar 2.31 Skema <i>Principal Component Regression</i> .....	41
Gambar 2.32 <i>Confusion Matrix</i> .....	45
Gambar 2.33 Perangkat lunak Anaconda Navigator.....	46
Gambar 3.1 Alur penelitian.....	51
Gambar 4.1 Skema pengambilan data udang.....	52
Gambar 4.2 Jarak pengambilan data maksimal kamera ke objek udang .....	53
Gambar 4.3 Data citra digital udang di dalam air.....	54
Gambar 4.4 Data citra keabuan.....	55
Gambar 4.5 Data citra biner.....	55
Gambar 4.6 Deteksi tepi data citra digital udang dengan 5 metode.....	58
Gambar 4.7 Pengurangan kebisingan menggunakan filter Gaussian.....	58
Gambar 4.8 Kernel $K_x$ dan $K_y$ untuk arah horizontal dan vertikal .....	59
Gambar 4.9 Citra hasil proses gradien dengan arah kernel horizontal dan vertikal.....	59
Gambar 4.10 Proses pencarian titik dengan nilai maksimal .....	60
Gambar 4.11 Citra hasil proses NMS .....	60
Gambar 4.12 Citra hasil proses menggunakan batas ambang ganda .....	61
Gambar 4.13 Proses pelacakan tepi oleh hysteresis.....	62
Gambar 4.14 Citra hasil proses histeresis .....	62
Gambar 4.15 Citra deteksi tepi original, kebisingan Gaussian dan citra dengan kebisingan.....	62
Gambar 4.16 Tingkat kesalahan 5 metode deteksi tepi.....	63
Gambar 4.17 Deteksi ROI citra digital udang.....	64
Gambar 4.18 ROI yang dipilih.....	65
Gambar 4.19 Hasil citra negatif ROI yang dipilih .....	65
Gambar 4.20 Deteksi blob citra udang di dalam air .....	67
Gambar 4.21 Kinerja titik kunci deteksi blob pada citra digital udang .....	68
Gambar 4.22 Analisis citra digital objek udang dan ikan di dalam air.....	71
Gambar 4.23 Data ciri morfometrik untuk pelatihan dan pengujian	

klasifikasi .....	72
Gambar 4.24 <i>Confusion Matrix</i> 4 metode klasifikasi .....	73
Gambar 4.25 Hasil akurasi klasifikasi udang dan bukan udang .....	74
Gambar 4.26 <i>Confusion Matrix</i> metode RF yang dihasilkan pada proses klasifikasi .....	74
Gambar 4.27 Beberapa pohon keputusan pada metode RF .....	75
Gambar 4.28 Hasil klasifikasi dari nilai yang paling sering muncul .....	75
Gambar 4.29 Ciri morfometrik citra digital udang .....	76
Gambar 4.30 Nilai ciri morfometrik 1000 citra digital udang .....	77
Gambar 4.31 Skema metode TS.....	
Gambar 4.32 Nilai ciri morfometrik 1000 citra digital udang terkalibrasi .....	78
Gambar 4.33 Penangkapan udang untuk dilakukan pengukuran ciri morfometrik dan berat tubuh udang secara manual .....	79
Gambar 4.34 Data pelatihan 5000 udang.....	79
Gambar 4.35 Hasil estimasi berat tubuh udang menggunakan 7 pembelajaran mesin ( $x$ = jumlah data, $y$ = berat tubuh udang) .....	81
Gambar 4.36 Hasil evaluasi metode 7 pembelajaran mesin .....	83
Gambar 4.37 Data pelatihan udang pada pengujian metode TS-CF-MLR .....	84
Gambar 4.38 Data pengujian udang pada pengujian metode TS-CF-MLR .....	85
Gambar 4.39 Keterangan model MLR.....	86
Gambar 4.40 Hasil pengujian estimasi berat tubuh udang hidup di dalam air menggunakan ciri morfometrik 3 dimensi ( $x$ = jumlah data, $y$ = berat tubuh udang).....	87
Gambar 4.41 Perbandingan nilai MAE hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.....	89
Gambar 4.42 Perbandingan nilai RMSE hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya .....	89
Gambar 4.43 Perbandingan nilai $R^2$ hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.....	90
Gambar 4.44 Perbandingan berat udang original dan berat udang prediksi .....	92



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya .....	5
Tabel 2.2 Nilai RGB untuk 5 warna pada citra digital.....	13
Tabel 2.3 Ciri morfometrik udang .....	28
Tabel 3.1 Bahan dan alat penelitian .....	48
Tabel 4.1 Nilai tingkat kesalahan detektor tepi.....	63
Tabel 4.2 Jumlah ROI citra digital udang .....	65
Tabel 4.3 Kinerja titik kunci deteksi blob pada citra digital udang .....	67
Tabel 4.4 Hasil evaluasi metode 7 pembelajaran mesin .....	83
Tabel 4.5 Nilai simpangan baku dan selisih kedekatan metode pembelajaran Mesin.....	83
Tabel 4.6 Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya.....	87
Tabel 4.7 Perbandingan berat udang original dan berat udang prediksi .....	91

SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Keterbatasan Penelitian.....	111
Lampiran 2 Daftar Publikasi.....	112



SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

### DAFTAR ARTI LAMBANG

Lambang	Arti Lambang
$d$	Jarak Euclidean
$f$	Jarak lensa dengan sensor kamera dalam satuan centimeter
$P$	Jarak antara 2 titik koordinat objek pada citra digital dalam satuan piksel
$D$	Panjang asli udang yang diukur menggunakan alat ukur, dengan satuan centimeter
$W$	Jarak asli udang dengan kamera yang diukur menggunakan alat ukur, dengan satuan centimeter
$P'$	Panjang objek baru yang ditangkap kamera
$D'$	Estimasi jarak udang dengan kamera, yang diukur menggunakan proses pengolahan citra, dengan satuan centimeter
$R^2$	Koefisien determinasi, proporsi variasi dependen yang dapat dihitung dari variabel independen dalam statistik.
$S$	Simpangan baku, persebaran data pada suatu sampel untuk melihat seberapa jauh atau seberapa dekat nilai data dengan rata-ratanya
$Cov$	Perubahan matriks yang berkorelasi dengan matriks awal
$L$	Level keabuan pada citra digital
$N$	Nilai total piksel pada citra digital
$Cb$	Latar belakang citra digital
$Cf$	Latar depan citra digital
$G$	Filter gaussian
$CF$	Faktor koreksi pada nilai ciri morfometrik citra digital udang
$V_f$	Nilai final ciri citra digital udang
$g$	Satuan berat dalam gram
$Wb$	Bobot pada perhitungan latar belakang citra biner
$\mu b$	Rata-rata perhitungan latar belakang dan latar belakang citra biner

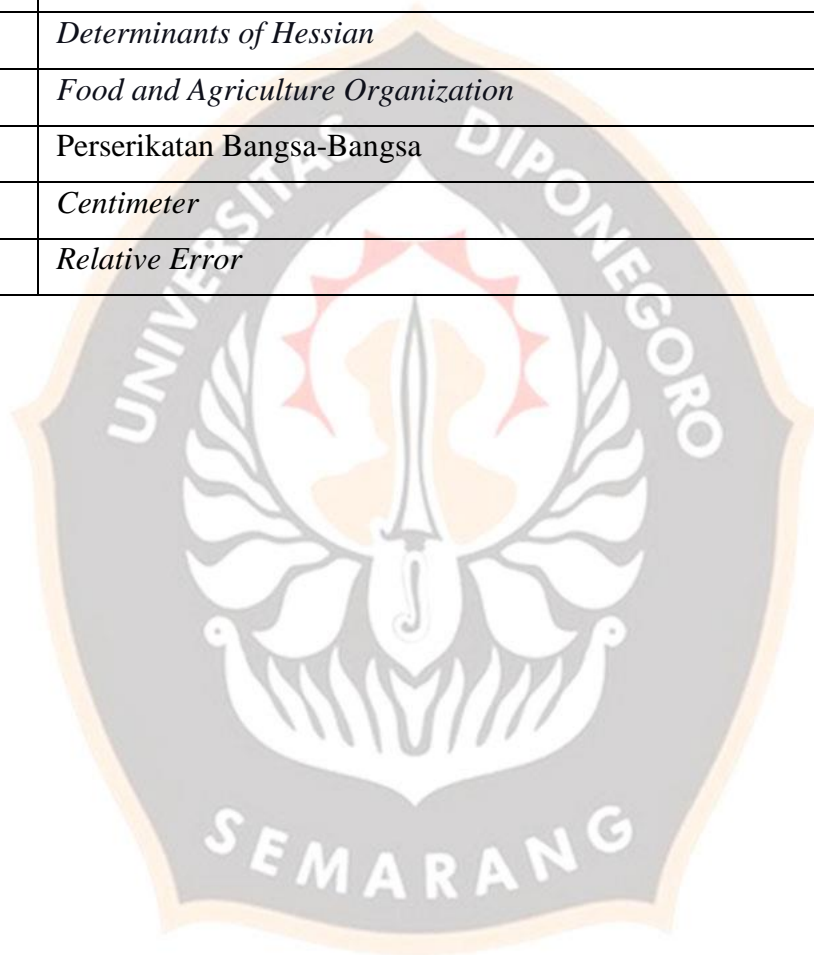
$\sigma$	Varian pada perhitungan latar belakang dan latar depan citra biner
$Wf$	Bobot pada perhitungan latar depan citra biner
$s$	hasil citra negatif
$Y$	variabel dependen pada metode MLR
$P$	Panjang udang
$T$	Tinggi udang
$PK$	Panjang karapas udang
$TK$	Tinggi karapas udang
$PSE$	Panjang segmen keenam udang
$TSD$	Tinggi segmen kedua udang

#### DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan Singkatan
ROI	<i>Region of Interest</i>
MLR	<i>Multiple Linear Regression</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
RF	<i>Random Forest</i>
DT	<i>Decision Tree</i>
KNN	<i>K-Nearest Neighbor</i>
BPNN	<i>Back Propagation Neural Network</i>
PCR	<i>Principal Component Regression</i>
RBF	<i>Radial Basis Function</i>
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
LWR	<i>Length Weight Relationship</i>
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i>
EANN	<i>Enhanced Artificial Neural Networks</i>
ANN	<i>Artificial Neural Networks</i>
MRE	<i>Mean Relative Error</i>
MAE	<i>Mean Absolute Error</i>
RGB	<i>Red Green Blue</i>



TS	<i>Triangle Similarity</i>
CF	<i>Correction Factor</i>
MSE	<i>Mean Square Error</i>
LOG	<i>Laplacian of Gaussian</i>
SSIM	<i>Structural similarity index measure</i>
DOG	<i>Difference of Gaussian</i>
DOH	<i>Determinants of Hessian</i>
FOA	<i>Food and Agriculture Organization</i>
PBB	Perserikatan Bangsa-Bangsa
Cm	<i>Centimeter</i>
RE	<i>Relative Error</i>



SEKOLAH PASCASARJANA

## Abstrak

Udang merupakan hasil budidaya laut yang sangat dibutuhkan, dan mampu mendongkrak hasil perekonomian negara. Mengukur berat tubuh udang di masa panen sangat dibutuhkan untuk mengetahui kondisi udang di dalam air dengan metode tanpa menangkap udang secara langsung. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan metode baru untuk mengukur berat tubuh udang hidup di dalam air tanpa menangkap udang secara langsung, menggunakan ciri morfometrik berbasis analisis citra digital dan pembelajaran mesin. Tahapan penelitian ini terdiri dari 4 tahap, yaitu akuisisi data citra digital udang, pemrosesan awal menggunakan metode deteksi tepi dan pendeteksian ROI, klasifikasi untuk membedakan udang dan bukan udang menggunakan metode pembelajaran mesin, dan estimasi berat udang hidup di dalam air menggunakan ciri morfometrik berbasis analisis citra digital dan pembelajaran mesin. Pengembangan metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan proses kalibrasi nilai ciri morfometrik menggunakan metode Kemiripan Segitiga (Triangle Similarity - TS) dan Faktor Koreksi (Correction Factor - CF). Pembelajaran mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah MLR, SVM, RF, DT, KNN, BPNN, dan PCR. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil pemilihan citra udang hidup di dalam air dapat dilakukan dengan baik melalui proses ekstraksi video menjadi citra digital bertipe jpg, ciri morfometrik citra udang hidup didalam air didapatkan melalui proses analisis citra digital deteksi tepi dan pemilihan ROI, panjang masing-masing ciri morfometrik udang dihitung menggunakan jarak Euclidean dan dikalibrasi menggunakan metode TS dan CF, metode MLR menghasilkan nilai kesalahan RMSE dan MAE terendah serta Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) tertinggi. Dari sini dapat disimpulkan bahwa pengembangan metode TS-CF-MLR merupakan metode terbaik untuk mengukur estimasi berat tubuh udang di dalam air menggunakan ciri morfometrik.

Kata kunci : estimasi berat, udang di dalam air, ciri morfometrik, analisis citra digital, pembelajaran mesin

SEKOLAH PASCASARJANA

## Abstract

Shrimp is a product of aquaculture that is much needed and can boost the country's economic output. Measuring the body weight of shrimp during the harvest period is very necessary to determine the condition of the shrimp underwater using a non invasive method. This research aims to develop a new method for measuring the body weight of live shrimp underwater without catching the shrimp directly, using morphometric features based on digital image analysis and machine learning. The stages of this research consists of 4 stages, namely digital image data acquisition of shrimp, preprocessing using edge detection and ROI, classification to distinguish shrimp from non-shrimp using machine learning, and estimation of the weight of live shrimp underwater using morphometric features based on image analysis and machine learning. The development of methods used in this research is the process of calibrating morphometric characteristic values using the Triangle Similarity (TS) and Correction Factor (CF) methods. The machine learning used in this research is MLR, SVM, RF, DT, KNN, BPNN, and PCR. The research results, it was found that the selection of images of live shrimp in water can be done well through the video extraction process into a jpg-type digital image, the morphometric characteristics of images of live shrimp in water were obtained through the digital image analysis process of edge detection and ROI selection, length of each Each shrimp morphometric characteristic was calculated using the Euclidean distance and calibrated using the TS and CF methods, the MLR method produced the lowest RMSE and MAE error values and the highest Coefficient of Determination ( $R^2$ ).It can be concluded that the development of the TS-CF-MLR method is the best method for measuring the estimated body weight of shrimp underwater using morphometric features.

**Keywords:** weight estimation, underwater shrimp, morphometric features, image analysis, machine learning

SEMARANG  
SEKOLAH PASCASARJANA