

**SISTEM ESTIMASI BERAT KEPITING BAKAU
MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL**

*ESTIMATION SYSTEM FOR MUD CRAB WEIGHT
USING DIGITAL IMAGE PROCESSING*



NOVIANTO PADAUNAN

P2700216005

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. ZAHIR ZAINUDDIN, M.Sc.

Dr. Eng. MUHAMMAD NISWAR, S.T., M.IT.

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2018**

***SISTEM ESTIMASI BERAT KEPITING BAKAU
MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh :

NOVIANTO PADAUNAN

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2018

TESIS

SISTEM ESTIMASI BERAT KEPITING BAKAU MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Disusun dan diajukan oleh

NOVIANTO PADAUNAN

Nomor Pokok P2700216005

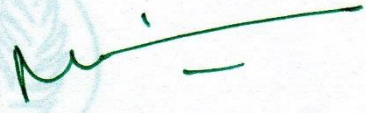
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 22 November 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat,



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.

Ketua



Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T, M.IT.

Anggota

Ketua Program Studi
Teknik Elektro,

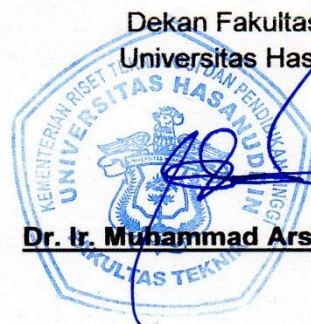
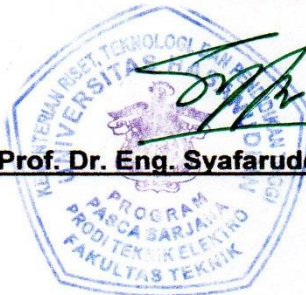


Prof. Dr. Eng. Syafaruddin, S.T, M.Eng.

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin,



Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Novianto Padaunan

NIM : P2700216005

Program Studi : Teknik Elektro

Konsentrasi : Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 28 Desember 2018

Yang Menyatakan

Novianto Padaunan

TIM PENILAI

1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M. Sc.
(Ketua)
2. Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T, M.IT.
(Sekretaris)
3. Dr. Indrabayu, S.T, M.Bus.Sys, M.T.
(Anggota)
4. Dr. Ingrid Nurtanio, S.T, M.T.
(Anggota)
5. Dr. Eng. Intan Sari Areni, S.T, M.T.
(Anggota)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat serta kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis penelitian ini yang berjudul "*Sistem Estimasi Berat Kepiting Bakau Menggunakan Pengolahan Citra Digital*".

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Magister Teknik (M.T) pada konsentrasi Teknik Informatika pada program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa. Dalam tesis ini penulis menyajikan beberapa hal menyangkut penelitian yang diangkat oleh penulis dan telah melalui proses pencarian dari berbagai sumber, baik itu prosiding atau jurnal penelitian terkait, buku maupun situs-situs internet.

Pada kesempatan ini juga penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan menghaturkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc sebagai Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktunya dan dengan penuh perhatian memberikan dorongan, bimbingan dan saran serta masukan yang sangat penting kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T, M.IT sebagai Pembimbing Kedua penulis yang telah meluangkan waktunya dan dengan penuh perhatian memberikan dorongan, bimbingan, saran dan masukan yang sangat penting kepada penulis.

3. Bapak Dr. Indrabayu, S.T, M.Bus.Sys, M.T dan ibu Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T serta ibu Dr. Eng. Intan Sari Areni, S.T, M.T yang telah memberikan masukan dan saran selama proses penelitian berlangsung.
4. Keluarga yang telah memberikan doa, motivasi, materi dan kasih sayang sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Rekan-rekan S-2 Informatika angkatan 2016 yang selalu kompak.
6. Rekan-rekan di Lab. *Computer Based System* Teknik Informatika.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini.

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan. Sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut agar dapat bermanfaat. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih baik lagi.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan kedepannya.

Makassar, 28 Desember 2018

Penulis

ABSTRAK

NOVIANTO PADAUNAN. Sistem Estimasi Berat Kepiting Bakau Menggunakan Pengolahan Citra Digital (dibimbing oleh Zahir Zainuddin dan Muhammad Niswar).

Dalam budidaya kepiting bakau proses pemberian pakan merupakan proses yang sangat penting karena sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan kepiting bakau. Pemberian pakan dilakukan dua kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari dengan persentase sebesar 3-5% dari berat kepiting bakau. Selama ini pengukuran berat kepiting bakau 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. Selain itu menurut PERMEN KP Republik Indonesia nomor 56 tahun 2016 kepiting bakau yang dapat diekspor keluar negeri harus memiliki lebar karapas lebih dari 15 cm atau berat lebih dari 200 gram. Hal ini tentunya menyulitkan bagi para pembudidaya dalam menentukan kepiting bakau yang dapat dipanen. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem yang dapat mengestimasi berat kepiting bakau secara cepat dan otomatis sehingga berbagai masalah tersebut dapat terselesaikan. Penelitian ini mengimplementasikan teknologi pengolahan citra digital untuk mengestimasi berat kepiting bakau secara cepat dan otomatis. Pengolahan citra akan mengambil gambar setiap kepiting bakau, kemudian dari gambar tersebut akan diambil nilai dari sebuah fitur yang dapat digunakan untuk mengestimasi berat kepiting bakau. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa fitur *major axis length* dari gambar kepiting bakau dan metode *support vector regression* dengan parameter kernel = RBF, C = 100 dan degree = 3 serta gamma = 0,001 merupakan skenario terbaik yang dapat digunakan untuk mengestimasi berat kepiting bakau. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan koefisiensi determinasi sebesar 0,9874 dan *mean absolute error* sebesar 5,4330 gram serta waktu eksekusi sistem untuk mengolah gambar seekor kepiting bakau hingga diperoleh hasil estimasi beratnya sebesar 7,9540 detik.

Kata Kunci : Kepiting Bakau, Pengolahan Citra, Estimasi Berat, *Machine Learning*.

ABSTRACT

NOVIANTO PADAUNAN. *Estimation System for Mud Crab Weight Using Digital Image Processing* (supervised by Zahir Zainuddin and Muhammad Niswar).

In the cultivation of mud crabs, the feeding process is a very important process because it greatly influences the growth rate of mud crabs. Feeding is done twice a day, in the morning and evening with a percentage of 3-5% of the weight of mud crabs. During this time the measurement of mud crab weight to determine the amount of feed given is still done manually, this is not only very troublesome because it takes a very long time for farmers to measure the weight of each mud crab in very large quantities, increase the operational costs and the risk of injury have by farmers. In addition, according to the PERMEN KP Republic of Indonesia, number 56 in 2016, mud crabs that can export abroad must have a carapace width of more than 15 cm or weigh more than 200 grams. These certainly make it difficult for farmers to determine which mud crab can harvest. Therefore we need a system that can estimate the weight of mud crab quickly and automatically so that various problems can resolve. This research implements digital image processing technology to estimate the weight of mud crab quickly and automatically. Image processing will take pictures of each mud crab then the feature value that can use to estimate the weight of mud crabs will be taken from the picture. The result of this study shows that the major axis length feature from the image of mud crab and the support vector regression method with kernel parameters = RBF, C = 100 and degree = 3 and gamma = 0.001 are the best scenario that can be used to estimate the weight of mud crab. These can prove by the determination coefficient of 0.9874 and mean absolute error of 5.4330 grams and the system execution time to process the image of a mud crab until the estimated weight of 7.9540 seconds.

Keywords : Mud Crab, Image Processing, Weight Estimation, *Machine Learning*.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
TIM PENILAI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. RUMUSAN MASALAH	4
C. TUJUAN PENELITIAN	4
D. MANFAAT PENELITIAN	4
E. BATASAN MASALAH.....	5
F. SISTEMATIKA PENULISAN.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. LANDASAN TEORI	8
1) Kepiting Bakau	8
2) Budidaya Kepiting Bakau.....	10
3) Pengolahan Citra Digital	11
4) <i>Binary Robust Invariant Scalable Keypoint (BRISK)</i>	13
5) <i>Fast Library For Approximation Nearest Neighbours (FLANN)</i>	17
6) Morfologi Citra	18
7) Ekstraksi Fitur Bentuk.....	21
8) Regresi Linear	22
9) Polinomial.....	23
10) <i>Support Vector Regression (SVR)</i>	24
11) <i>Grid Search</i>	26

B. PENELITIAN TERKAIT	27
C. STATE OF THE ART.....	33
D. KERANGKA PIKIR	36
BAB III METODE PENELITIAN.....	37
A. TAHAPAN PENELITIAN.....	37
B. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN	40
C. JENIS PENELITIAN	40
D. PERANCANGAN SISTEM.....	41
E. SUMBER DATA	67
F. INSTRUMENTASI PENELITIAN	70
G. PENGUJIAN SISTEM.....	70
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	73
A. TAMPILAN SISTEM	73
B. HASIL PENGUJIAN	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	98
A. KESIMPULAN	98
B. SARAN.....	99
DAFTAR PUSTAKA.....	100
LAMPIRAN.....	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kepiting Bakau	8
Gambar 2. Abdomen Kepiting Bakau.....	9
Gambar 3. Budidaya Sistem Baterai.....	10
Gambar 4. Scale Space Representation.....	15
Gambar 5. Orientasi BRISK.....	16
Gambar 6. Contoh Structuring Element	18
Gambar 7. Proses Erosi Citra	19
Gambar 8. Proses Dilasi Citra.....	20
Gambar 9. Sumbu Minor dan Major Axis Length	21
Gambar 10. Perimeter Citra	22
Gambar 11. Kerangka Pikir Penelitian	36
Gambar 12. Tahapan Penelitian	37
Gambar 13. Lokasi Pengambilan Data	40
Gambar 14. Rancangan Sistem Tampak Samping.....	41
Gambar 15. Rancangan Sistem Tampak Depan	42
Gambar 16. Perancangan Hardware	43
Gambar 17. Blok Diagram Perancangan Hardware.....	43
Gambar 18. Estimasi Berat Kepiting Bakau Periode Selanjutnya.....	45
Gambar 19. Perancangan Software.....	45
Gambar 20. Alur Diagram Seleksi ROI	46
Gambar 21. Seleksi Region of Interest (ROI).....	46
Gambar 22. (a) Gambar ROI RGB (b) Gambar ROI Grayscale	47
Gambar 23. Keypoint dan Descriptor ROI	47
Gambar 24. Alur Diagram Preprocessing	48
Gambar 25. (a) Gambar RGB (b) Gambar Grayscale.....	48
Gambar 26. Keypoint dan Descriptor Gambar	49
Gambar 27. Alur Diagram Segmentasi Karapas	50
Gambar 28. Pencocokan Keypoint dan Descriptor	51
Gambar 29. (a) Keypoint dan Descriptor Karapas (b) Lokasi Karapas	52

Gambar 30. Konversi Gambar Grayscale Ke Biner	53
Gambar 31. Gambar Biner Karapas Kepiting Bakau	53
Gambar 32. Alur Diagram Ekstraksi Fitur	56
Gambar 33. (a) Gambar Biner Karapas (b) Hasil Operasi Morfologi.....	56
Gambar 34. Flowchart Minor dan Major Axis Length	57
Gambar 35. Flowchart Perimeter	58
Gambar 36. Flowchart Luas Area	59
Gambar 37. Fitur Panjang dan Lebar Karapas	60
Gambar 38. Flowchart Pelatihan Metode Polinomial	63
Gambar 39. Flowchart Pengujian Metode Polinomial	64
Gambar 40. Flowchart Pelatihan Metode SVR	65
Gambar 41. Flowchart Pengujian Metode SVR	65
Gambar 42. Skema Pengujian Estimasi Berat.....	67
Gambar 43. Ukuran Karapas Kepiting Bakau	68
Gambar 44. Pengambilan Data.....	68
Gambar 45. Tampilan Graphical User Interface Sistem.....	74
Gambar 46. Grafik Pengujian Minor Axis Length	76
Gambar 47. Grafik Pengujian Major Axis Length	78
Gambar 48. Grafik Pengujian Perimeter	81
Gambar 49. Grafik Pengujian Area	83
Gambar 50. Grafik Pengujian Panjang Karapas (Gambar).....	86
Gambar 51. Grafik Pengujian Lebar Karapas (Gambar).....	88
Gambar 52. Grafik Pengujian Panjang Karapas (Manual)	91
Gambar 53. Grafik Pengujian Lebar Karapas (Manual)	93
Gambar 54. Grafik Perbandingan Koefisiensi Determinasi.....	94
Gambar 55. Grafik Perbandingan MAE	95
Gambar 56. Grafik Estimasi Waktu Program	96

DAFTAR TABEL

Tabel 1. State Of The Art	33
Tabel 2. Pengujian Minor Axis Length	76
Tabel 3. Pengujian Major Axis Length	79
Tabel 4. Pengujian Perimeter.....	81
Tabel 5. Pengujian Area	84
Tabel 6. Pengujian Panjang Karapas (Gambar)	86
Tabel 7. Pengujian Lebar Karapas (Gambar)	89
Tabel 8. Pengujian Panjang Karapas (Manual)	91
Tabel 9. Pengujian Lebar Karapas (Manual)	94

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kepiting bakau (*Scylla Serrata*) mengalami peningkatan permintaan dalam beberapa dekade ini. Permintaan yang terus meningkat tersebut selain disebabkan oleh rasa dagingnya yang lezat, kandungan gizi yang dimiliki oleh kepiting ini juga sangat tinggi. Berdasarkan analisis proksimat diketahui bahwa kepiting ini memiliki kandungan protein 47,31% dan lemak 11,20% (Karim 2005). Kepiting ini juga dapat diolah lagi menjadi beberapa produk yang memiliki mutu dan harga jual yang jauh lebih tinggi seperti kepiting cangkang lunak (*Soft Shell Crab*). Sehingga kepiting ini merupakan salah satu komoditi andalan yang banyak diekspor ke berbagai negara di dunia seperti Amerika Serikat, Cina, Jepang, Hongkong, Korea Selatan, Taiwan dan Eropa (Rukmini 2007).

Dalam budidaya kepiting bakau proses pemberian pakan merupakan proses yang sangat penting karena sangat berpengaruh terhadap kecepatan pertumbuhan kepiting budidaya. Pemberian pakan dilakukan dua kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari dengan persentase jumlah pakan sebesar 3-5% dari berat setiap kepiting (Djunaedi et al. 2000). Kendala yang dihadapi oleh para pembudidaya selama ini adalah mengukur berat dari setiap kepiting untuk menentukan jumlah pakan yang harus diberikan. Hal ini karena diperlukan waktu yang lama untuk mengukur berat

dari setiap kepiting dalam jumlah yang sangat banyak, meningkatkan biaya operasional serta resiko cedera yang dapat dialami oleh para pembudidaya kepiting. Selain itu menurut peraturan menteri kelautan dan perikanan Republik Indonesia nomor 56 Tahun 2016 menyebutkan bahwa kepiting bakau yang dapat diekspor keluar negeri harus memiliki ukuran lebar karapas diatas 15 cm atau berat lebih dari 200 gram (Indonesia 2016).

Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem yang dapat bekerja secara cepat dan otomatis dalam mengestimasi berat dari setiap kepiting untuk menentukan jumlah pakan yang harus diberikan serta untuk mengetahui apakah kepiting bakau yang dibudidaya telah dapat dipanen atau tidak. Solusi yang digunakan untuk membuat sistem estimasi berat kepiting bakau secara cepat dan otomatis adalah dengan menggunakan teknik pengolahan citra digital. Teknik ini bekerja dengan mengambil gambar dari setiap kepiting yang terdapat disetiap kandang, kemudian gambar tersebut diolah sehingga diperoleh nilai fitur yang dapat digunakan pada metode tertentu untuk mengestimasi berat dari kepiting bakau.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh (Mutasya et al. 2017) mencoba mencari tahu hubungan antara lebar karapas kepiting bakau terhadap berat kepiting bakau. Penelitian tersebut menggunakan data 300 ekor kepiting bakau yang diperoleh dari wilayah semenanjung Malaysia. Selain itu peneliti juga menggunakan metode regresi non linear untuk mengolah data tersebut dan hasil yang diperoleh menunjukkan koefisiensi determinasi sebesar 0,86. Penelitian yang serupa juga telah dilakukan oleh

(Thirunavukkarasu and Shanmugam 2011) yang mencoba mencari tahu hubungan antara panjang dan lebar karapas kepiting terhadap berat dari kepiting bakau. Penelitian tersebut menggunakan metode regresi non linear untuk mengolah data dari 706 ekor kepiting bakau jantan dan 644 ekor kepiting bakau betina. Hasil yang diperoleh menunjukkan tingkat koefisiensi korelasi antara hubungan panjang-berat kepiting jantan sebesar 0,928 dan untuk lebar-berat kepiting jantan sebesar 0,948 sedangkan untuk hubungan panjang-berat kepiting betina adalah sebesar 0,921 dan untuk lebar berat kepiting bakau betina sebesar 0,966.

Beberapa penelitian yang telah diuraikan sebelumnya memperlihatkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara fitur panjang dan lebar karapas kepiting bakau terhadap berat dari kepiting bakau. Selain itu hasil tersebut juga memperlihatkan bahwa kedua fitur tersebut dapat digunakan untuk mengestimasi berat dari kepiting bakau. Sehingga dalam penelitian ini peneliti menggunakan teknik pengolahan citra digital untuk memperoleh fitur panjang dan lebar karapas serta beberapa fitur lainnya dari gambar kepiting bakau yang dapat digunakan untuk mengestimasi berat kepiting bakau. Estimasi berat kepiting bakau selain menggunakan metode regresi non linear peneliti juga menggunakan beberapa metode lainnya seperti regresi linear, polinomial dan *support vector regression* (SVR) sehingga dalam penelitian ini terdapat beberapa skenario fitur dan metode yang dianalisa untuk mengetahui skenario yang memiliki tingkat akurasi terbaik dalam mengestimasi berat kepiting bakau.

B. RUMUSAN MASALAH

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

1. Bagaimana membuat sebuah sistem yang dapat mengestimasi secara cepat dan otomatis berat dari setiap keping budidaya dalam jumlah yang sangat banyak menggunakan teknik pengolahan citra digital ?
2. Bagaimana tingkat kinerja dari sistem yang dibuat pada penelitian ini dalam mengestimasi berat dari setiap keping budidaya ?

C. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian pembuatan sistem estimasi berat keping bakau ini adalah:

1. Membuat sebuah sistem yang dapat mengestimasi secara cepat dan otomatis berat dari setiap keping budidaya dalam jumlah yang sangat banyak menggunakan teknik pengolahan citra digital.
2. Mengetahui tingkat kinerja dari sistem yang dibuat pada penelitian ini dalam mengestimasi berat dari setiap keping budidaya.

D. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian adalah:

1. Bagi peneliti, penelitian ini berguna untuk menambah pengetahuan dan kemampuan mengenai budidaya keping bakau serta proses estimasi berat keping bakau menggunakan pengolahan citra digital.

2. Bagi institusi pendidikan Magister jurusan Teknik Elektro bidang Informatika, dapat digunakan sebagai bahan referensi ilmiah dalam penelitian pengembangan sistem estimasi berat kepiting bakau menggunakan pengolahan citra digital.
3. Bagi pelaku budidaya kepiting bakau, penelitian ini berguna untuk membantu para pembudidaya dalam mengestimasi berat kepiting bakau sehingga lebih mudah dalam menentukan jumlah pakan yang harus diberikan serta menentukan kepiting bakau yang telah siap untuk dipanen.

E. BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah penelitian ini yaitu :

1. Sistem yang dibuat dan dikembangkan di dalam penelitian ini masih dalam bentuk prototipe.
2. Kepiting bakau yang digunakan dalam penelitian ini adalah spesies kepiting bakau *Scylla Serrata*.
3. Budidaya kepiting bakau menggunakan model baterai dimana dalam budidaya model ini hanya terdapat satu ekor kepiting bakau di dalam setiap kandang.
4. Jarak kamera yang digunakan untuk mengambil data citra terhadap kandang kepiting bakau bersifat tetap.
5. Data gambar yang digunakan pada penelitian ini berukuran 640x480 piksel dan menggunakan format JPG.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Adapun sistematika penulisan pada penelitian pembuatan sistem estimasi berat keping bakau ini adalah :

Bab I Pendahuluan

Bab I berisi penjelasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran

Bab II berisi penjelasan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian dan kerangka pemikiran. Diuraikan pula tentang tinjauan pustaka yang merupakan penjelasan tentang hasil-hasil penelitian lainnya 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. Dalam bab ini juga diuraikan tentang kerangka pemikiran yang merupakan penjelasan tentang kerangka berpikir untuk memecahkan masalah yang sedang diteliti, termasuk menguraikan objek penelitian.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab III ini merupakan penjelasan tentang metode penelitian, penentuan masalah, penentuan *computing approach*, juga penjelasan bagaimana

pengembangan dan penerapan sistem dengan *computing approach* pada obyek penelitian, diuraikan proses validasi hasil penerapan, metode pengumpulan data, metode analisis data, metode pengukuran penelitian, penerapan *computing approach* pada masalah penelitian, konstruksi sistem dan pengujian sistem.

Bab IV Hasil dan pembahasan

Pada bab IV ini menjelaskan tentang hasil dan pembahasan penelitian serta implikasi dari penelitian yang dilakukan. Hasil merupakan suatu penjelasan tentang data kuantitatif yang dikumpulkan sesuai dengan metodologi yang telah ditetapkan. Pembahasan merupakan suatu penjelasan tentang pengolahan data dan interpretasinya, baik dalam bentuk deskriptif ataupun penarikan inferensinya. Implikasi penelitian merupakan suatu penjelasan tentang tindak lanjut penelitian yang terkait dengan aspek sistem, maupun aspek penelitian lanjutan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab V ini berisi ringkasan temuan, rangkuman kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan pernyataan secara general atau spesifik yang berisi hal-hal penting dan menjadi temuan penelitian yang bersumber pada hasil serta pembahasan. Saran berisi pernyataan atau rekomendasi peneliti yang berisi hal-hal penting sebagaimana yang telah disampaikan

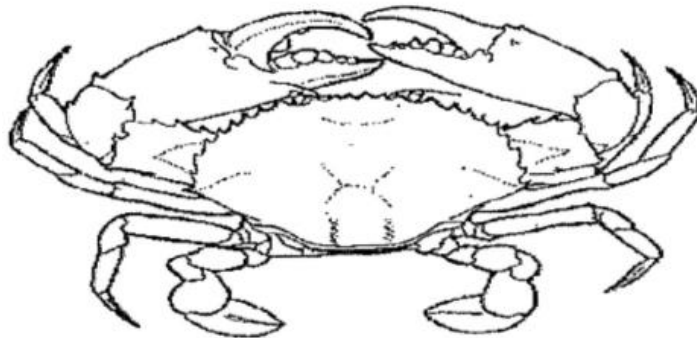
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. LANDASAN TEORI

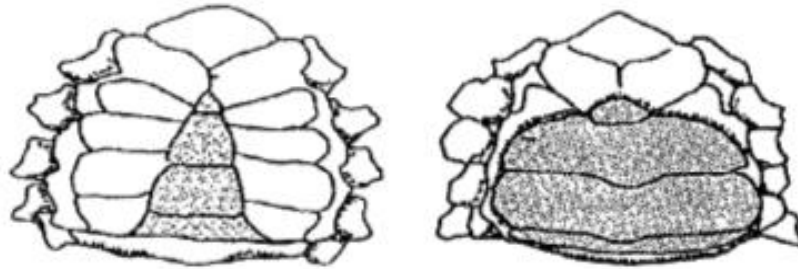
1) Kepiting Bakau

Kepiting bakau adalah hewan berkulit keras dari Kelas *Crustacea*, Ordo *Decapoda*, Familia *Portunidae* dan Genus *Scylla* (Kordi 2007). *Crustacea* merupakan hewan berkulit keras sehingga pertumbuhannya dicirikan oleh proses pergantian kulit (*Molting*). Ordo *Decapoda* ditandai dengan adanya 5 pasang kaki. Pasangan kaki yang pertama disebut capit yang berperan sebagai alat penangkap / pemegang makanan, pasangan kaki kelima berbentuk seperti kipas yang berfungsi sebagai kaki renang dan pasangan kaki selebihnya sebagai kaki jalan. Dengan capit dan kaki jalan kepiting bakau dapat bergerak dengan cepat di darat dan berbekal kaki renang kepiting dapat berenang dengan cepat di air sehingga tergolong ke dalam *Swimming Crab (Portunidae)*. Genus *Scylla* ditandai oleh bentuk karapas-nya yang oval dan berwarna kehijauan seperti lumpur dan memiliki 9 duri pada sisi kiri dan kanan serta 4 duri diantara kedua matanya.



Gambar 1. Kepiting Bakau

Ciri-ciri dari kepiting bakau jantan adalah abdomen yang berbentuk agak lancip menyerupai segitiga sama kaki sedangkan pada kepiting betina agak memudar dan melebar.



Gambar 2. Abdomen Kepiting Bakau

Salah satu sifat unik yang dimiliki oleh kepiting bakau adalah kanibalisme. Sifat kanibalisme dari kepiting bakau dapat menyebabkan kematian, terlebih jika di dalam budidaya tersebut dicampur antara kepiting jantan dan kepiting betina (Agus 2008). Hal ini disebabkan kecenderungan kepiting jantan untuk menguasai ruang, pakan dan betina yang sangat tinggi. Selain itu kepiting juga bersifat pemakan segalanya dan pemakan bangkai (*Omnivorous Scavenger*). Dalam mencari makanan kepiting bakau baru mulai keluar dari persembunyiannya beberapa saat setelah matahari terbenam. Dalam semalam kepiting bakau mampu merangkak sejauh 200-1000 m untuk mencari makan, ketika matahari akan terbit kepiting bakau akan kembali membenamkan diri. Karena itu kepiting bakau digolongkan ke dalam hewan *nocturnal* atau hewan yang aktif di malam hari (Kordi 2007).

Sifat lainnya yang dimiliki oleh kepiting bakau adalah mengalami pergantian kulit (*Molting*). *Molting* adalah proses pergantian cangkang pada hewan *Crustacea*. Ketika ukuran daging pada kepiting bertambah besar sementara *eksoskeleton* tidak bertambah besar karena bersifat kaku, maka

untuk menyesuaikan diri hewan ini akan melepaskan *eksoskeleton* lamanya dan akan membentuk kembali yang baru dengan bantuan kalsium.

2) Budidaya Kepiting Bakau

Proses pembudidayaan kepiting bakau sebaiknya dilakukan dengan menggunakan sistem baterai. Hal ini untuk mencegah sifat kanibalisme dari kepiting bakau. Pada budidaya kepiting bakau dengan menggunakan sistem baterai digunakan sebuah keramba kotak yang dapat terbuat dari bambu atau plastik dengan ukuran 20x20x20 cm atau 25x20x25 cm, satu kotak diisi dengan satu ekor kepiting dengan padat tebar 40 ekor/m².



Gambar 3. Budidaya Sistem Baterai

Benih yang digunakan dalam budidaya kepiting bakau adalah kepiting muda yang berukuran lebar karapas 3-4 cm dengan berat 30-50 gram. Benih ini kemudian dibudidayakan hingga berukuran lebih dari 15 cm serta berat lebih dari 200 gram untuk dipanen. Selama proses budidaya kepiting

peliharaan dapat diberi pakan berupa ikan rucah, kerang, usus ayam, kulit sapi atau kambing, keong dan sebagainya dengan dosis 3-5% dari berat kepiting bakau. Proses pemberian pakan diberikan sebanyak 2 kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari (Djunaedi et al. 2000). Dari sekian alternatif tersebut pakan yang terbaik adalah ikan rucah segar. Hal ini karena pakan berupa ikan rucah segar mudah tenggelam sehingga peluang dimakan kepiting jauh lebih besar karena kepiting lebih suka mencari makan di dasar tambak. Sedangkan pakan ikan kering dan usus ayam akan terapung di permukaan air sehingga keberadaanya tidak akan langsung diketahui oleh kepiting. Selain itu pakan yang terapung penyebarannya tidak akan merata karena akan tertiuip oleh angin (Soim 1995).

3) Pengolahan Citra Digital

Citra merupakan informasi bentuk visual dari suatu objek. Sedangkan pengolahan citra digital merupakan metode untuk mengolah citra digital sehingga menghasilkan gambar lain sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Pengolahan citra sendiri merupakan salah satu cabang dari ilmu informatika yang pada prosesnya memanipulasi gambar yang telah ada menjadi gambar lain dengan menggunakan suatu algoritma atau teknik tertentu. Citra yang diolah merupakan citra digital yang merupakan sekumpulan bilangan yang direpresentasikan oleh bit berhingga. Proses pengolahan citra banyak melibatkan persepsi visual dan mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra.

a. Citra RGB

Red (merah), *Green* (hijau) dan *Blue* (biru) merupakan warna dasar yang dapat diterima oleh mata manusia. Setiap piksel pada citra warna memiliki warna yang merupakan kombinasi dari ketiga warna dasar RGB. Setiap titik pada citra warna membutuhkan data sebesar 3 byte. Setiap warna dasar memiliki intensitas tersendiri dengan nilai minimum nol (0) dan nilai maksimum 255 (8 bit). RGB didasarkan pada teori bahwa mata manusia peka terhadap panjang gelombang 630 nm (merah), 530 nm (hijau) dan 450 nm (biru).

b. Citra Grayscale

Proses mengubah citra menjadi warna dengan skala keabuan termasuk proses pengolahan citra, yang bertujuan untuk menyerhadakan model suatu citra dengan mengubah nilai piksel citra yang memiliki 3 layer yaitu R (*red*), G (*green*) dan B (*blue*) ke warna abu-abu, yaitu warna dalam rentang gradasi hitam dan putih. Untuk mendapatkan nilai *grayscale* dari nilai RGB dari citra dapat dihasilkan dengan algoritma sesuai dengan persamaan berikut ini.

$$Gray = \frac{(R+G+B)}{3} \quad (1)$$

Dari persamaan tersebut untuk mendapatkan nilai *grayscale* hanya dengan menghitung rata-rata nilai dari R, G dan B pada piksel citra. Konversi citra warna menjadi skala keabuan dapat juga dilakukan dengan memberi nilai bobot pada setiap elemen warna

$$Gray = \frac{(WR_R + WG_G + WB_B)}{3} \quad (2)$$

Nilai WR, WG, dan WB adalah nilai dari masing-masing bobot sistem elemen warna merah, hijau dan biru. NTSC (*National Television System Committe*) mendefinisikan nilai bobot untuk konversi citra warna ke skala keabuan dengan nilai 0.289, 0.5870 dan 0.1140.

c. Citra Biner

Pada citra biner merupakan hasil dari proses binerisasi yang memiliki dua tingkat keabuan yaitu hitam dengan nilai 0 dan putih untuk warna putih. Proses binerisasi dilakukan dengan menentukan nilai ambang (*threshold*) antara 0–255 untuk mentukan nilai piksel menjadi 0 atau menjadi nilai 1. Persamaan binerisasi sebagai berikut.

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } G(x, y) \leq T \\ 0 & \text{if } G(x, y) > T \end{cases} \quad (3)$$

Pada persamaan diatas $B(x, y)$ adalah citra biner dari citra *grayscale* $G(x, y)$ dan T menyatakan nilai ambang.

4) **Binary Robust Invariant Scalable Keypoint (BRISK)**

Algoritma BRISK pertama kali dipublikasikan oleh Leutenegger pada tahun 2011. BRISK merupakan solusi alternatif dari algoritma berbayar *Speed Up Robust Features* (SURF) yang diperkenalkan oleh Herbert Bay

pada tahun 2006. Kedua algoritma ini memiliki kemampuan yang handal dan cepat untuk mencari fitur-fitur dari sebuah citra yang nilainya kuat/tetap bahkan ketika citra tersebut mengalami perubahan skala, rotasi, *blurring*, pencahayaan dan juga bentuk. Meskipun begitu algoritma BRISK ini bersifat *open source* sehingga dapat digunakan secara bebas. Selain itu algoritma BRISK ini juga memiliki tingkat komputasi yang rendah sehingga sangat cocok untuk diterapkan pada perangkat *smartphone* atau *single board computer* yang memiliki sumber daya terbatas (Sanjoyo Adi, Wijono, and Sampurno 2015). Algoritma BRISK ini terbagi ke dalam beberapa tahapan yaitu:

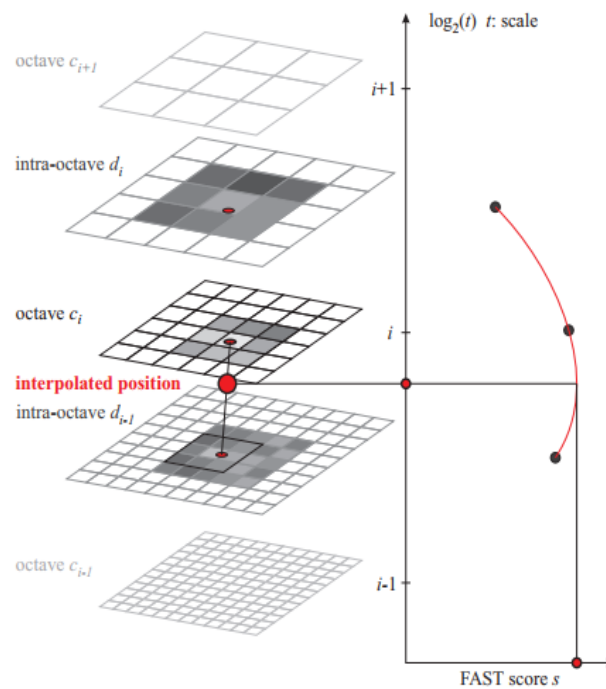
a. Deteksi *Keypoint*

Deteksi *Keypoint* dilakukan untuk memilih titik yang mengandung banyak informasi dan sekaligus stabil terhadap gangguan lokal atau global dalam suatu citra digital. Untuk mendeteksi *keypoint* BRISK menggunakan algoritma FAST yang dipercepat tingkat kinerjanya dengan menggunakan algoritma AGAST. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi proses komputasi (Lutenegger, Chli, and Siegwart 2011).

b. *Scale Space Representation*

Dalam tahapan *Scale Space* dilakukan dengan menggunakan lapisan pyramid yang terdiri dari beberapa *octave* dan beberapa *intra octave*. Lapisan *intra octave* berada diantara lapisan *octave*. Setiap lapisan *octave* diperkecil ukurannya dengan skala $t_i = 2^i$

sedangkan lapisan *intra octave* diperkecil ukurannya dengan skala $t_i = 2^i \times 1.5$ dimana i adalah tingkat lapisan. Kemudian setiap lapisan *octave* dan *intra octave* dicari *keypoint*-nya dan dihubungkan dengan menggunakan metode ekstrapolasi sehingga *keypoint* tersebut dapat dicari meskipun citra mengalami perubahan ukuran.



Gambar 4. Scale Space Representation

c. Deskripsi Fitur

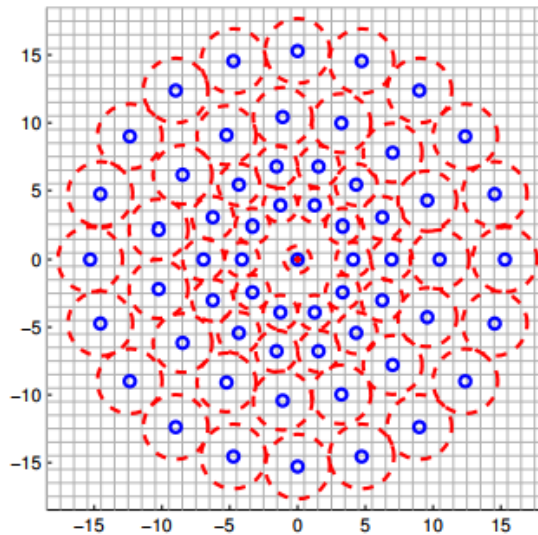
Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan deksripsi dari fitur-fitur dalam citra yang diamati. Proses ini terdiri dari 2 tahap yaitu:

- Estimasi Orientasi

Agar supaya *keypoint* invariant terhadap rotasi maka harus dilakukan tahap identifikasi rotasi. Identifikasi rotasi dilakukan dengan menggunakan sejumlah contoh pola yang dibentuk

dengan model DAISY. Kemudian intensitas dari setiap titik pada contoh pola tersebut dihitung menggunakan persamaan Gaussian dengan standar deviasinya. Gradient lokal setiap kombinasi pasangan dari contoh pola tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan ini.

$$g(P_i, P_j) = (P_j - P_i) \cdot \frac{I(P_j - \sigma_j) - I(P_i - \sigma_i)}{\|P_j - P_i\|^2} \quad (4)$$



Gambar 5. Orientasi BRISK

Selain itu juga akan dilakukan perhitungan terhadap arah dari karakteristik pola secara keseluruhan dari *keypoint* tersebut dan persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut

$$g = \begin{pmatrix} g_x \\ g_y \end{pmatrix} = \frac{1}{L} \sum_{(P_i, P_j) \in L} g(P_i, P_j) \quad (5)$$

- Pencarian Deskripsi Fitur

Untuk proses pencarian deskripsi fitur langkah yang dilakukan pertama kali adalah merotasi semua contoh pola yang terdapat disekitar *keypoint*. Proses rotasi dilakukan dengan menggunakan persamaan $\alpha = \arctan2(gx, gy)$. Kemudian semua deskripsi fitur yang terdapat pada pola yang telah dirotasi tersebut dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini (Lutenegger, Chli, and Siegwart 2011)

$$b = \begin{cases} 1, & I(P_j^\alpha, \sigma_j) > I(P_i^\alpha, \sigma_i) \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

5) ***Fast Library For Approximation Nearest Neighbours (FLANN)***

Metode *Fast Library For Approximated Nearest Neighbours* (FLANN) digunakan untuk matching fitur pada sistem penggabungan citra. Fitur ini terdiri dari *keypoint* dan *descriptor* yang berupa vektor. Untuk satu citra di basis data terdapat banyak kluster fitur. Kluster ini dibuat otomatis dengan menggunakan KNN dengan tipe indeks kd-tree, dimana KNN ini akan mencari jarak yang paling kecil antara vektor fitur dengan vektor pada kluster (Tania and Arymurthy 2010).

Proses *matching* atau pencocokan fitur citra, vektor *keypoint* dan *descriptor* yang terdapat pada citra pertama akan dicocokkan nilainya dengan menggunakan KNN-search. *KNN-search* mencari kluster pada basis data yang nilai vector deskriptornya paling dekat jaraknya dengan

vector descriptor citra pertama. Jika ada yang sama maka akan ada satu *keypoint* yang paling banyak cocok yang menghasilkan nilai kecocokan *keypoint* dan nantiya akan diproses untuk dihitung pada matriks homografi.

6) Morfologi Citra

Operasi morfologi adalah teknik pengolahan citra yang didasarkan pada bentuk segmen atau region dalam citra. Karena difokuskan pada bentuk obyek, maka operasi ini biasanya diterapkan pada citra biner. Tujuan morfologi adalah untuk memperbaiki hasil segmentasi. Operasi morfologi yang digunakan adalah erosi, dilasi, opening dan closing.

a. Structuring Element

Structuring element dibutuhkan untuk melakukan operasi morfologi seperti dilasi dan erosi. Structuring element adalah matriks ukuran $M \times N$ yang berisi nilai-nilai biner. Dalam operasi morfologi, nilai structuring element akan dibandingkan dengan nilai piksel tetangga pada citra input, dan diterjemahkan ke setiap piksel yang sesuai pada citra output.

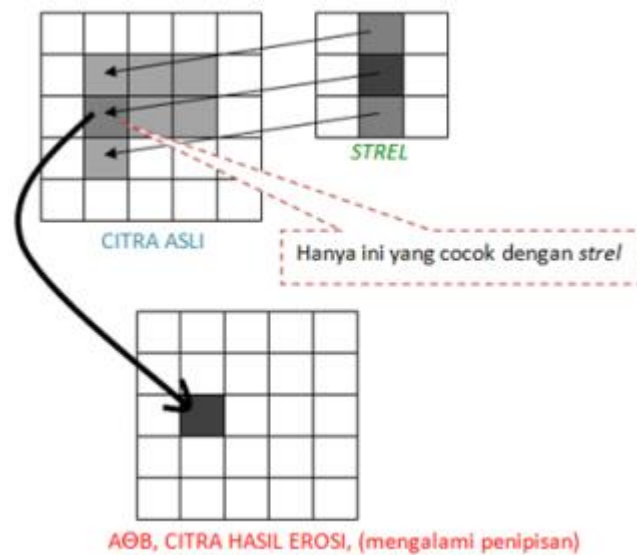
1 1 1 1 1	0 0 1 0 0	0 0 1 0 0
1 1 1 1 1	0 1 1 1 0	0 0 1 0 0
1 1 █ 1 1	1 1 █ 1 1	1 1 █ 1 1
1 1 1 1 1	0 1 1 1 0	0 0 1 0 0
1 1 1 1 1	0 0 1 0 0	0 0 1 0 0
square 5 x 5 element	Diamond-shaped 5 x 5 element	Cross-shaped 5x5 element

Gambar 6. Contoh Structuring Element

b. Erosi

Operasi ini akan mengurangi jumlah piksel dengan menukar nilai tiap piksel dengan nilai minimum piksel tetangga di sekelilingnya. Hal ini berdampak pada hilangnya tepi objek pada citra

$$(F \ominus B)(x, y) = \min F(x + s, y + t) - B(s, t) \quad (7)$$

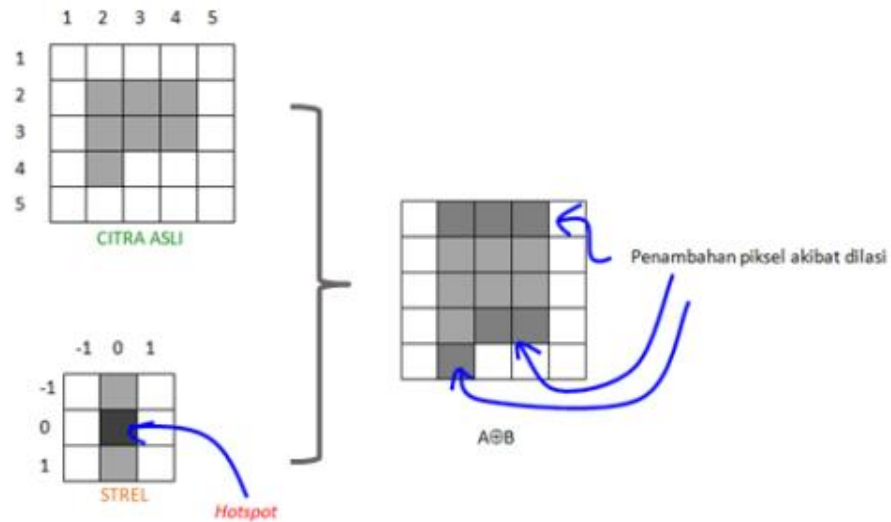


Gambar 7. Proses Erosi Citra

c. Dilasi

Operasi ini akan menyebabkan pertumbuhan ukuran objek dengan menukar tiap nilai piksel dengan nilai maksimum piksel tetangga di sekelilingnya. Hal ini akan meningkatkan jumlah piksel tepi objek di citra. Ukuran bentuk structuring element akan menentukan jumlah elemen yang akan ditambahkan ke dalam citra.

$$(F \oplus B)(x, y) = \max F(x - s, y - t) + B(s, t) \quad (8)$$



Gambar 8. Proses Dilasi Citra

d. *Opening*

Operasi ini adalah operasi erosi yang diikuti dengan operasi dilasi. Operasi ini akan menghilangkan semua daerah piksel yang terang secara keseluruhan pada citra

$$(F \circ B) = (F \ominus B) \oplus B \quad (9)$$

e. *Closing*

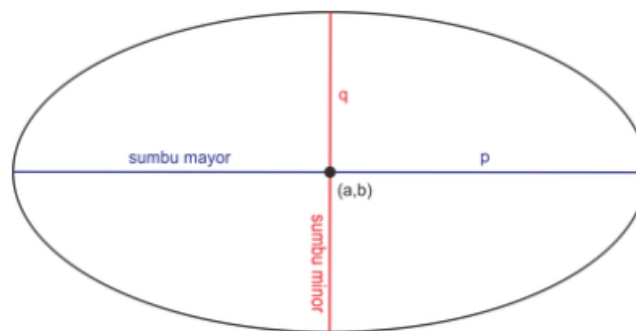
Operasi ini adalah kebalikan dari operasi *opening* dengan menerapkan dilasi diikuti dengan erosi. Hasil operasi ini cenderung akan memperbesar daerah tepi dalam citra sekaligus mengecilkan warna *background* pada daerah tersebut. Operasi ini dapat digunakan untuk menjaga daerah *background* yang berbentuk sama dengan *structuring element*.

$$(F \circ B) = (F \oplus B) \ominus B \quad (10)$$

7) Ekstraksi Fitur Bentuk

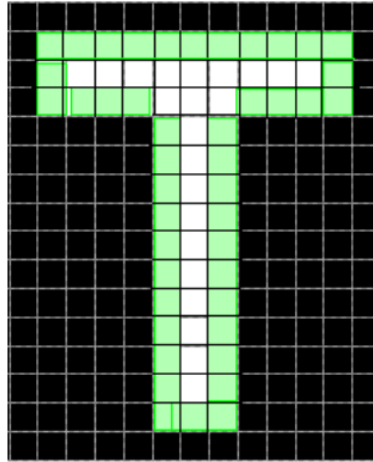
Ekstraksi fitur bentuk menggunakan *region properties* yang merupakan salah satu fungsi yang dapat digunakan untuk mengukur sekumpulan properti-properti dari setiap region yang telah di labeli dalam matriks. Bilangan integer positif yang merupakan elemen dari sebuah matriks berkorespondensi dengan region yang bersesuaian. Pada penelitian ini selain menggunakan fitur panjang dan lebar karapas kepiting bakau yang diperoleh dari citra, estimasi berat juga dilakukan dengan menggunakan beberapa fitur-fitur bentuk lainnya yaitu *minor axis length*, *major axis length*, *perimeter* dan *area*. Masing-masing dijelaskan sebagai berikut:

- a. *Minor axis length* adalah panjang sumbu minor pada sebuah elips
- b. *Major axis length* adalah panjang sumbu major pada sebuah elips



Gambar 9. Sumbu Minor dan Major Axis Length

- c. *Perimeter* adalah vektor p-elemen yang berisi jarak sekitar batas masing-masing daerah yang berdekatan dalam gambar. *Perimeter* dihitung dengan menghitung jarak antara masing-masing piksel yang berdampingan sebagai batasan wilayah. Gambar berikut menunjukkan piksel yang termasuk dalam perhitungan *perimeter*.



Gambar 10. Perimeter Citra

- d. Area adalah menghitung nilai skalar yang menentukan jumlah piksel sebenarnya pada area gambar.

8) Regresi Linear

Regresi adalah persamaan matematika yang memungkinkan untuk meramalkan nilai-nilai suatu peubah tidak bebas dari nilai-nilai satu atau lebih peubah bebas (Walpole 1995). Regresi dikatakan linear apabila hubungan antara peubah bebas dan peubah tidak bebas bersifat linear, sedangkan apabila hubungan antara peubah bebas dan peubah tidak bebas bersifat tidak linear maka regresi dikatakan regresi non linear. Model regresi linear sederhana dapat dinyatakan dalam persamaan

$$y = b_0 + b_1x \quad (11)$$

Untuk mencari nilai koefisien regresi pada persamaan diatas dapat dilakukan dengan menggunakan data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya serta kedua persamaan berikut ini.

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad (12)$$

$$b_1 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (13)$$

Dimana x adalah nilai masukan; y adalah nilai keluaran; \bar{y} adalah y rata-rata; \bar{x} adalah x rata-rata serta b_0 dan b_1 adalah koefisien penyelesaian.

9) Polinomial

Interpolasi polinomial digunakan untuk mencari titik-titik antara dari n buah titik $P_1 (x_1, y_1)$, $P_2 (x_2, y_2)$, $P_3 (x_3, y_3)$, ..., $P_N (x_N, y_N)$ dengan menggunakan pendekatan fungsi polynomial pangkat $n-1$:

$$y_n = a_0 + a_1 x^1 + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \dots + a_{n-1} x^{n-1} \quad (14)$$

Masukkan nilai dari setiap titik ke dalam persamaan polinomial diatas sehingga diperoleh model persamaan simultan dengan n persamaan dan n variabel bebas.

$$\begin{array}{l} y_1 = a_0 + a_1 x_1^1 + a_2 x_1^2 + a_3 x_1^3 + \dots + a_{n-1} x_1^{n-1} \\ y_2 = a_0 + a_1 x_2^1 + a_2 x_2^2 + a_3 x_2^3 + \dots + a_{n-1} x_2^{n-1} \\ y_3 = a_0 + a_1 x_3^1 + a_2 x_3^2 + a_3 x_3^3 + \dots + a_{n-1} x_3^{n-1} \\ y_4 = a_0 + a_1 x_4^1 + a_2 x_4^2 + a_3 x_4^3 + \dots + a_{n-1} x_4^{n-1} \\ \hline y_n = a_0 + a_1 x_n^1 + a_2 x_n^2 + a_3 x_n^3 + \dots + a_{n-1} x_n^{n-1} \end{array} \quad (15)$$

Penyelesaian persamaan simultan di atas adalah nilai-nilai a_0 , a_1 , a_2 , a_3 , ..., a_n yang merupakan nilai-nilai koefisien dari fungsi pendekatan polinomial yang akan digunakan. Dengan memasukkan nilai x dari titik yang dicari pada fungsi polinomialnya, akan diperoleh nilai y dari titik tersebut.

10) Support Vector Regression (SVR)

SVR merupakan bagian dari SVM yang diperkenalkan oleh Vapnik pada tahun 1995. SVM adalah sistem pembelajaran yang menggunakan ruang hipotesis berupa fungsi-fungsi linear dalam sebuah ruang fitur berdimensi tinggi, dilatih dengan algoritma pembelajaran yang didasarkan pada teori optimasi dengan mengimplementasikan *learning bias*. SVM dapat digeneralisasi untuk melakukan pendekatan fungsi yang dikenal sebagai SVR. Konsep SVM menggunakan *hyperplane* tunggal pada ruang berdimensi banyak pada akhirnya partisi-partisi tersebut dapat diselesaikan secara non-linear. *Hyperplane* yang optimum dapat diselesaikan dengan metode *quadratic programming*. Konsep SVR didasarkan pada *risk minimization* yaitu untuk mengestimasi suatu fungsi dengan cara meminimalkan batas atas dari *generalization error* sehingga SVR mampu mengatasi overfitting. Fungsi regresi dari metode SVR adalah sebagai berikut

$$f(x) = w^T \varphi(x) + b \quad (16)$$

Dengan w merupakan vektor pembobot, $\varphi(x)$ merupakan fungsi yang memetakan x dalam suatu dimensi dan b merupakan bias. Untuk memaksimalkan *hyperplane* dengan meminimalkan nilai *Loss Function* digunakan persamaan berikut ini.

$$R(f(x)) = \frac{1}{2} |w|^2 + \frac{c}{n} \sum_{i=1}^n L_{\varepsilon}(y_i, f(x_i)) \quad (17)$$

Dimana dalam hal ini nilai dari $L_{\varepsilon}(y_i, f(x_i))$ yaitu

$$L_{\varepsilon}(y_i, f(x_i)) \begin{cases} 0; & |y_i - f(x_i)| \leq \varepsilon \\ |y_i - f(x_i)| - \varepsilon; & \text{lainnya} \end{cases} \quad (18)$$

Dengan L_{ε} merupakan *insensitive loss function*, C dan ε merupakan parameter. Konsep dari kuadratik *loss function* adalah meminimumkan nilai sebagai berikut:

$$R(w, \xi, \xi^*) = \frac{1}{2} |w|^2 + C(\sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*)) \quad (19)$$

Dengan batasan $w\phi(x_i) + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^*$; $y_i - w\phi(x_i) - b \leq \varepsilon + \xi_i$ dan $\xi_i, \xi_i^* \geq 0$ dengan menggunakan pendekatan Karush-Kush-Tuck didapatkan sebagai berikut

$$Q(\alpha, \alpha^*) = -\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l (\alpha_i - \alpha_i^*) (\alpha_j - \alpha_j^*) K(x_i, x_j) - \varepsilon \sum_{i=1}^l (\alpha_i + \alpha_i^*) + \sum_{i=1}^l y_i (\alpha_i - \alpha_i^*) \quad (20)$$

Dengan batasan

$$\sum_{i=1}^l (\alpha_i - \alpha_i^*) = 0; \quad 0 \leq \alpha_i \leq C; \quad 0 \leq \alpha_i^* \leq C \quad (21)$$

Dimana $K(x_i, x_j)$ merupakan fungsi kernel. Penentuan nilai parameter C dan fungsi kernel sangat penting dalam menentukan tingkat keakuratan dari prediksi. Beberapa metode dalam proses analisis data mining banyak menggunakan fungsi linear. Banyak kasus di dunia nyata merupakan kasus yang non linear, sehingga untuk mengatasinya dengan mentransformasi data kedalam dimensi ruang yang lebih tinggi. SVM dapat digunakan pada data non linear dengan menggunakan pendekatan kernel sehingga dapat dipisahkan secara linier pada *feature space* yang baru. Fungsi kernel yang digunakan pada metode SVR adalah sebagai berikut:

$$\text{a. Linear} \quad : x_i^T x_j \quad (22)$$

$$\text{b. Polinomial} \quad : (x_i^T x_j + 1)^n \quad (23)$$

$$\text{c. Radial Basis Function (RBF)} : \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} |x_i - x_j|^2\right) \quad (24)$$

Pemilihan fungsi kernel yang tepat merupakan hal yang penting, karena akan menentukan *feature space*.

11) *Grid Search*

Salah satu algoritma untuk menentukan parameter optimal pada model SVR adalah menggunakan algoritma *grid search*. Pasangan parameter yang menghasilkan akurasi terbaik yang didapatkan dari uji *cross-validation* merupakan parameter yang optimal. Parameter optimal tersebut yang selanjutnya digunakan untuk model SVR terbaik.

Cross-validation adalah pengujian standar yang dilakukan untuk memprediksi *error rate*. Data training dibagi secara acak ke dalam beberapa bagian dengan perbandingan yang sama kemudian *error rate* dihitung bagian demi bagian. Selanjutnya hitung rata-rata seluruh *error rate* untuk mendapatkan *error-rate* secara keseluruhan. Dalam *cross-validation* dikenal validasi *leave-one-out* (LOO). Dalam LOO data dibagi kedalam 2 subset, subset 1 berisi N-1 data untuk training dan satu data sisanya digunakan untuk proses testing.

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - y'_{\neq i})^2 \quad (25)$$

B. PENELITIAN TERKAIT

Beberapa penelitian terkait pembahasan diatas telah banyak dilakukan sebelumnya dari tahun ke tahun. Berdasarkan hal tersebut, terdapat beberapa penelitian yang menjadi acuan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Damar et al. 2006) yang berjudul *“Prediction of Oyster Volume and Weight Using Machine Vision”*. Pada penelitian tersebut peneliti menggunakan fitur luas area permukaan pada kerang yang kemudian digunakan pada sebuah persamaan untuk mencari nilai volume pada kerang. Berat kerang kemudian diestimasi dengan menggunakan fitur volume kerang dengan menggunakan regresi linear. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan estimasi berat kerang dengan tingkat koefisiensi determinasi untuk kerang texas sebesar 0,92, kerang florida sebesar 0,85 dan kerang Alaska sebesar 0,64.
2. Penelitian yang dilakuakan oleh (Pan et al. 2009) yang berjudul *“Prediction Of Shelled Shrimp Weight By Machine Vision”*. Pada penelitian tersebut peneliti mencoba untuk mengukur berat udang untuk kebutuhan proses seleksi kualitas dari udang yang akan diekspor dengan menggunakan teknik pengolahan citra digital. Peneliti dalam penelitiannya ini menggunakan kombinasi dari beberapa parameter untuk mengetahui berat dari udang tersebut, adapun beberapa parameter tersebut yaitu area, perimeter,

panjang dan lebar udang yang diperoleh dari 30 gambar udang. Selain itu juga peneliti menggunakan metode jaringan syaraf tiruan untuk proses penentuan berat dari udang. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa parameter area dan perimeter dapat memberikan hasil yang terbaik untuk menentukan berat dari udang dengan error sebesar 3.02% serta waktu proses selama 0.234 s.

3. Penelitian selanjutnya yang dilakukan (Balaban et al. 2010) berjudul "*Prediction Of The Weight Of Alaskan Pollock Using Image Analysis*". Pada penelitiannya ini peneliti mencoba untuk mengukur berat dari ikan (*Alaskan Pollock*) dengan menggunakan ukuran morfologi luas area permukaan dari ikan tersebut. Teknik pengolahan citra digunakan untuk mengambil nilai luas area dari ikan. Peneliti menguji tiga metode untuk menentukan berat dari ikan berdasarkan luas area permukaannya, ketiga metode tersebut yaitu regresi linear, regresi berpangkat dan regresi polynomial. Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan metode regresi berpangkat dengan koefisiensi determinasi sebesar 0.993.
4. Penelitian yang selanjutnya yang dilakukan oleh (Gümüş and Balaban 2010) berjudul "*Prediction Of The Weight Of aquacultured rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) by image analysis*". Pada penelitiannya ini peneliti mencoba untuk mengukur berat dari ikan (*rainbow trout*) dengan menggunakan ukuran morfologi luas area permukaan dari ikan tersebut. Teknik pengolahan citra digunakan

untuk mengambil nilai luas area dari ikan. Peneliti menguji tiga metode untuk menentukan berat dari ikan berdasarkan luas area permukaannya, ketiga metode tersebut yaitu regresi linear, regresi berpangkat dan regresi polynomial. Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan metode regresi berpangkat dengan koefisiensi determinasi sebesar 0.99.

5. Penelitian (Javadikia et al. 2011) dengan judul "*Measuring The Weight Of Egg With Image Processing And ANFIS Model*" mencoba untuk mengukur berat dari telur ayam menggunakan teknik pengolahan citra untuk memperoleh nilai parameter panjang dan lebar dari telur. Dengan menggunakan data yang diperoleh dari 200 butir telur serta metode ANFIS peneliti berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 98%.
6. Penelitian yang hampir sama dilakukan oleh (Dangphonthong and Pinate 2016) yang berjudul "*Analysis Of Weight Egg Using Image Processing*". Pada penelitian ini peneliti mencoba untuk mengukur berat dari telur ayam dengan menggunakan ukuran morfologi panjang dan lebar dari telur tersebut. Peneliti menggunakan teknik pengolahan citra untuk mengambil nilai panjang dan lebar dari telur untuk kemudian nilai tersebut digunakan untuk menghitung volume dari telur. Persamaan yang digunakan untuk menghitung volume telur adalah $V = 0.526LB^2$ dimana L adalah panjang telur dan B adalah lebar dari telur. Dengan menggunakan data latihan sebanyak

100 butir telur serta metode ekstrapolasi untuk mencari hubungan antara volume dan berat telur, peneliti berhasil mengukur berat dari telur dengan menggunakan ukuran morfologi tersebut dengan tingkat akurasi mencapai 97.67 %.

7. Penelitian seputar kepiting bakau banyak dilakukan oleh peneliti dibidang perikanan dan kelautan seperti yang dilakukan oleh (Thirunavukkarasu and Shanmugam 2011). Dalam penelitiannya yang berjudul "*Length-Weight And Width-Weight Relationship Of Mud Crab Scylla Tranquebarica*", peneliti mencoba mencari tahu hubungan antara lebar karapas terhadap berat kepiting bakau serta hubungan antara panjang karapas terhadap berat kepiting bakau. Dengan menggunakan metode regresi linear peneliti memperoleh hasil koefisien korelasi antara hubungan panjang-berat kepiting bakau jantan sebesar 0.928 dan untuk lebar-berat kepiting bakau jantan sebesar 0.948 sedangkan untuk hubungan panjang-berat kepiting bakau betina adalah sebesar 0.921 dan untuk lebar-berat kepiting bakau betina sebesar 0.966.
8. Penelitian yang serupa juga dilakukan di wilayah Pulau Enggano Provinsi Bengkulu oleh (Nurlaila Ervina Herliany 2015). Penelitian seputar perikanan dan kelautan ini juga membahas tentang kepiting bakau. Dalam penelitiannya yang berjudul "*Hubungan Lebar Karapas dan Berat Kepiting Bakau (Scylla Spp) Hasil Tangkapan Di Desa Kahyapu Pulau Enggano Provinsi Bengkulu*", peneliti

menggunakan data berupa lebar karapas dari 50 ekor kepiting bakau yang terdiri dari 34 ekor kepiting jantan dan 16 ekor kepiting betina. Peneliti juga menggunakan metode yang sama yaitu regresi non linear pada persamaan $W = aL^b$. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai koefisien korelasi untuk kepiting bakau jantan sebesar 0.91 sedangkan untuk kepiting bakau betina sebesar 0.79.

9. Penelitian yang serupa juga dilakukan oleh (Yusrudin 2016) yang berjudul "*Analisis Beberapa Aspek Biologi Kepiting Bakau (Scylla Serrata) Di Perairan Sukolilo Pantai Timur Surabaya*". Pada penelitian tersebut peneliti mencari hubungan antara lebar karapas kepiting bakau (*Scylla Serrata*) terhadap berat kepiting bakau tersebut. Penelitian ini dilakukan di pantai timur wilayah Surabaya dengan menggunakan data yaitu lebar karapas dan berat dari 200 ekor kepiting bakau. Dengan menggunakan metode regresi non linear pada persamaan $W = aL^b$ dimana W adalah berat dari kepiting, L adalah lebar karapas dan nilai a serta b adalah koefisien regresi maka diperoleh hasil yaitu koefisien determinasi sebesar 0.922.
10. Penelitian yang dilakukan oleh (Mutasya et al. 2017) berjudul "*Carapace Width-Weight Relationship Of The Mud Crab (Scylla Tranquebarica) From The Waters Of Peninsular Malaysia*" mencoba untuk mencari hubungan antara lebar karapas kepiting bakau terhadap berat dari kepiting bakau tersebut (*Scylla*

Tranquebarica). Penelitian ini dilakukan di wilayah semenanjung Malaysia dengan menggunakan data lebar karapas dan berat dari 300 ekor kepiting bakau. Dengan menggunakan metode regresi linear peneliti menemukan bahwa terdapat hubungan yang erat antara lebar karapas terhadap berat kepiting bakau dengan koefisien determinasi sebesar 0.86.

11. Penelitian yang dilakukan oleh (Niswar et al. 2017) yang berjudul "*An Automated Feeding System For Soft Shell Crab*" mencoba untuk membuat sebuah sistem pemberian pakan secara otomatis untuk budidaya kepiting cangkang lunak. Sistem ini bekerja dengan menggunakan perangkat mikrokontroler untuk memberikan pakan kepada setiap kepiting peliharaan sebanyak 5% dari berat badan kepiting tersebut. Hasilnya sistem ini dapat memberikan pakan pada setiap kepiting dengan rata-rata kesalahan jumlah pakan sebesar 0.1 gram. Selain itu juga sistem ini telah terjadwal untuk memberikan pakan 2 kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari.

Berdasarkan uraian dari beberapa penelitian terkait sebelumnya seperti diatas maka peneliti mencoba untuk membuat sebuah sistem yang dapat mengukur berat dari kepiting bakau secara otomatis dengan menggunakan beberapa ukuran morfologi kepiting bakau yang memiliki hubungan erat terhadap berat kepiting bakau tersebut. Pada tabel dibawah ini menampilkan penjelasan dari beberapa penelitian terkait diatas agar lebih

mudah untuk dipahami. Selain itu tabel tersebut menunjukkan kontribusi serta keaslian topik yang diusulkan oleh penulis dari penelitian ini.

C. STATE OF THE ART

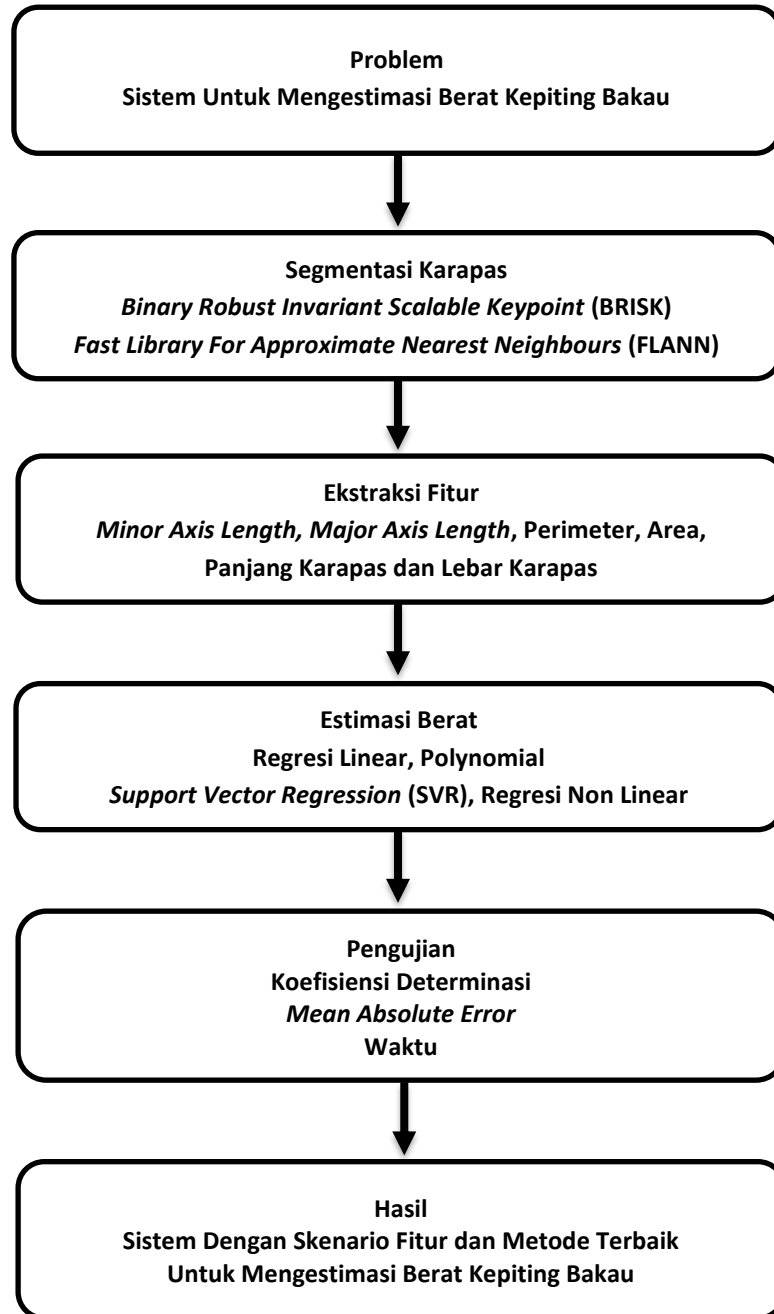
Tabel 1. State Of The Art

	<i>Penulis</i>	<i>Judul</i>	<i>Tujuan</i>	<i>Metode</i>	<i>Hasil</i>
Penelitian yang telah dilakukan	Balaban et al, 2006	<i>Prediction of Oyster Volume and Weight Using Machine Vision</i>	Estimasi Berat Kerang Laut Menggunakan Pengolahan Citra	Regresi Linear	Koefisiensi Determinasi Untuk Kerang Texas 0,92 Florida 0,85 Dan Alaskan 0,64
	Pan et al, 2009	<i>Prediction Of Shelled Shrimp Weight By Machine Vision</i>	Menentukan Berat Dari Udang Untuk Kebutuhan Ekspor Menggunakan Teknik Pengolahan Citra	JST Backpropagation	Parameter Terbaik Untuk Menentukan Berat Udang Adalah Area Dan Perimeter Udang Dengan Tingkat Error Sebesar 3,02% Dan Waktu Eksekusi Sebesar 0,234 Detik
	Balaban et al, 2010	<i>Prediction Of The Weight Of Alaskan Pollock Using Image Analysis</i>	Menentukan Berat Dari Ikan (<i>Alaskan Pollock</i>) Dengan Menggunakan Teknik Pengolahan Citra	Regresi Linear Dan Regresi Berpangkat Serta Regresi Polynomial	Hasil Terbaik Diperoleh Menggunakan Metode Regresi Berpangkat Dengan Koefisiensi Determinasi 0,993

Balaban et al, 2010	<i>Prediction The Weight Of Aquacultured Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss) By Image Analysis</i>	Menentukan Berat Dari Ikan (Rainbow Trout) Menggunakan Pengolahan Citra	Regresi Linear Dan Regresi Berpangkat Serta Regresi Polynomial	Hasil Terbaik Diperoleh Menggunakan Metode Regresi Berpangkat Dengan Koefisiensi Determinasi 0,99
Javadika et al, 2011	<i>Measuring The Weight Of Egg With Image Processing And ANFIS Model</i>	Menghitung Berat Dari Telur Menggunakan Teknik Pengolahan Citra	ANFIS	Tingkat Akurasi Sebesar 98%
Dangphonthong et al, 2016	<i>Analysis Of Weight Egg Using Image Processing</i>	Melakukan Sortasi Kualitas Telur Berdasarkan Berat Telur Menggunakan Teknik Pengolahan Citra	Ekstrapolasi	Tingkat Akurasi Sebesar 97,67%
Thirunavukkarasu et al, 2011	<i>Length-Weight And Width-Weight Relationship Of Mud Crab Scylla Tranquebarica</i>	Mengetahui Hubungan Antara Panjang dan Lebar Karapas Terhadap Berat Kepiting Bakau	Regresi Linear	Koefisien Korelasi Antara Panjang-Berat Kepiting Jantan Adalah 0,928 Dan Untuk Lebar-Berat Kepiting Jantan Adalah 0,948 Sedangkan Untuk Panjang-Berat Kepiting Betina Sebesar 0,9215 Dan Untuk Lebar-Berat Betina Sebesar 0,966
Herlyani et al, 2015	<i>Hubungan Lebar Karapas Dan Berat Kepiting Bakau (Scylla Spp) Hasil Tangkapan Di Desa Kahyapu Pulau Enggano Provinsi Bengkulu</i>	Mengetahui Hubungan Antara Lebar Karapas Terhadap Berat Dari Kepiting Bakau Di Pulau Enggano Bengkulu	Regresi Non Linear Persamaan ($W = aL^b$)	Koefisiensi Korelasi Untuk Kepiting Bakau Jantan Sebesar 0,91 Dan Untuk Kepiting Bakau Betina Sebesar 0,79

	Yusrudin, 2016	<i>Analisis Beberapa Aspek Biologi Kepiting Bakau (Scylla Serrata) Di Perairan Sukolilo Pantai Timur Surabaya</i>	Mengetahui Hubungan Antara Lebar Karapas Terhadap Berat Dari Kepiting Bakau Di Pantai Timur Surabaya	Regresi Non Linear Persamaan ($W = aL^b$)	Koefisiensi Determinasi Sebesar 0,922
	Mutasya et al, 2017	<i>Carapace Width-Weight Relationship Of The Mud Crab (Scylla Tranquebarica) From The Waters Of Peninsular Malaysia</i>	Mengetahui Hubungan Antara Lebar Karapas Terhadap Berat Dari Kepiting Bakau	Regresi Linear	Koefisiensi Determinasi Sebesar 0,86
	Nizwar et al, 2017	<i>An Automated Feeding System For Soft Shell Crab</i>	Membuat Sistem Pemberian Pakan Otomatis Untuk Budidaya Kepiting Cangkang Lunak	Penggunaan Perangkat Mikrokontroller	Prototype Sistem Pemberian Pakan Otomatis Untuk Budidaya Kepiting Cangkang Lunak Dengan Rata-Rata Kesalahan Sebesar 0,1 gram
Penelitian yang akan dilakukan	Novianto et al, 2018	<i>Sistem Estimasi Berat Kepiting Bakau Menggunakan Pengolahan Citra Digital</i>	Estimasi Berat Kepiting Bakau Menggunakan Teknik Pengolahan Citra Digital	Regresi Linear, Regresi Non Linear, Polynomial, Support Vector Regression	-

D. KERANGKA PIKIR



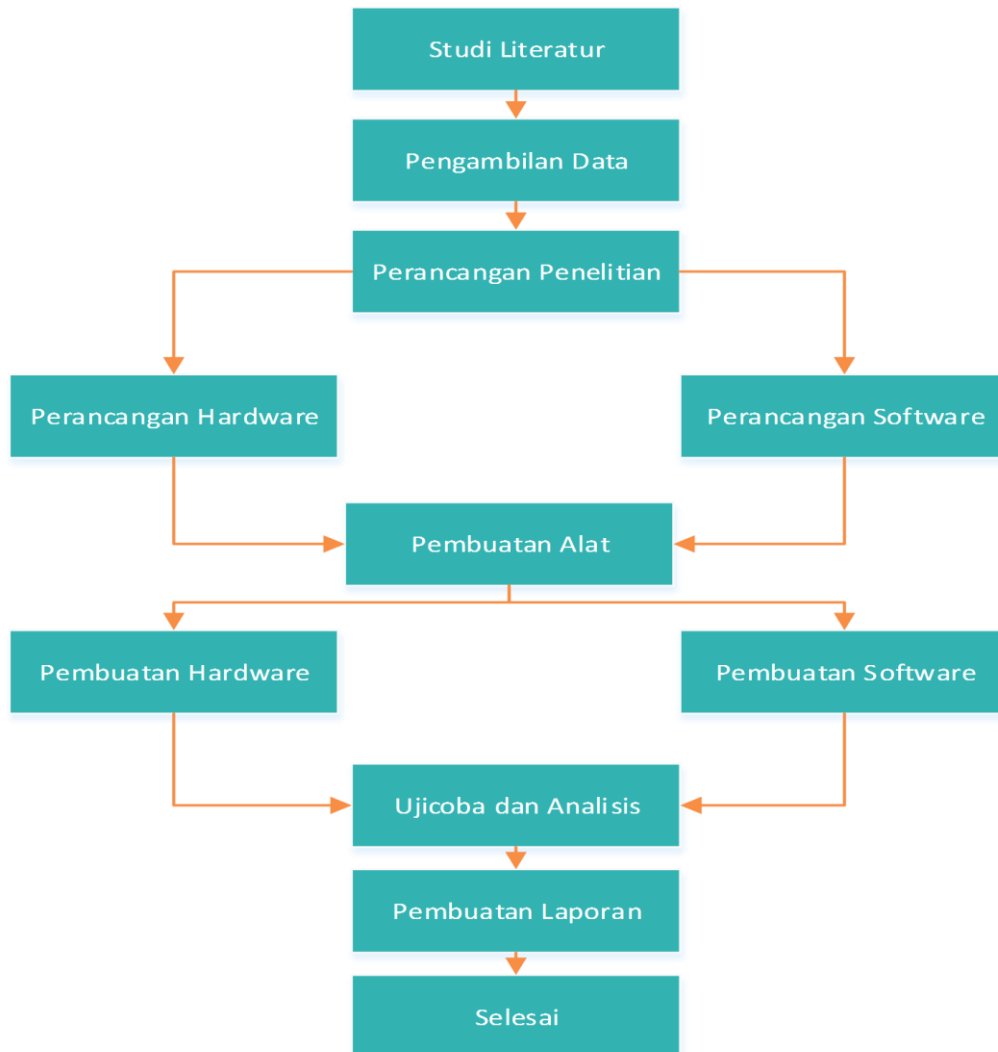
Gambar 11. Kerangka Pikir Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

A. TAHAPAN PENELITIAN

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan selama proses penelitian agar penelitian dapat berlangsung secara sistematis. Adapun tahapan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 12 di bawah ini:



Gambar 12. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian pada Gambar 12 diuraikan sebagai berikut.

1. Studi literatur merupakan tahap awal pada penelitian ini dengan mencari sejumlah referensi dari buku, artikel, laporan dan jurnal penelitian nasional maupun internasional terkait pengukuran berat kepiting bakau dengan menggunakan teknik pengolahan citra digital. Pencarian literatur terkait parameter-parameter dan metode yang digunakan.
2. Pengambilan data yang digunakan merupakan data panjang, lebar dan berat serta citra dari sejumlah kepiting bakau yang nantinya akan digunakan sesuai dengan kebutuhan serta fungsinya masing-masing dalam penelitian ini.
3. Perancangan Sistem
 - a. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan *hardware* bertujuan untuk merancang peralatan atau rangkaian yang dihubungkan dengan kamera dan *single board computer* serta mikrokontroler yang nantinya digunakan untuk mendukung kerja dari sistem yang dibuat.
 - b. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan *software* bertujuan untuk menunjang kinerja maupun *output* dari proses kerja *hardware* pada sistem. *Software* yang dirancang berkerja dengan menggunakan metode serta algoritma tertentu untuk memperoleh tingkat kinerja dan hasil output pada sistem yang optimal.

4. Pembuatan Alat.

a. Pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pembuatan *hardware* merupakan proses untuk membuat dan menghubungkan antara perangkat kamera, *single board computer*, mikrokontroler dan rangkaian elektronik serta mekanik lainnya.

b. Pembuatan Perangkat Lunak (*Software*)

Pembuatan *software* merupakan proses pembuatan program atau aplikasi dengan menggunakan data, metode dan algoritma tertentu yang telah disiapkan untuk menunjang proses kerja maupun *output* dari sistem.

5. Tahap pengujian dan analisis dilakukan untuk menguji tingkat akurasi dari nilai *output* yang diperoleh sistem serta tingkat kinerja dari sistem secara keseluruhan. Pengujian sistem dilakukan dengan menguji sistem secara langsung pada kondisi sebenarnya di lapangan. Selain itu juga dilakukan proses analisis terhadap nilai *output* yang diperoleh dari sistem dan nilai *output* yang sesungguhnya untuk mengetahui tingkat akurasi dan kinerja dari sistem tersebut

6. Pembuatan Laporan. Semua hasil pengujian dan analisis terhadap sistem yang dibuat di dalam penelitian ini kemudian dituangkan dan disusun dalam bentuk laporan tugas akhir magister.

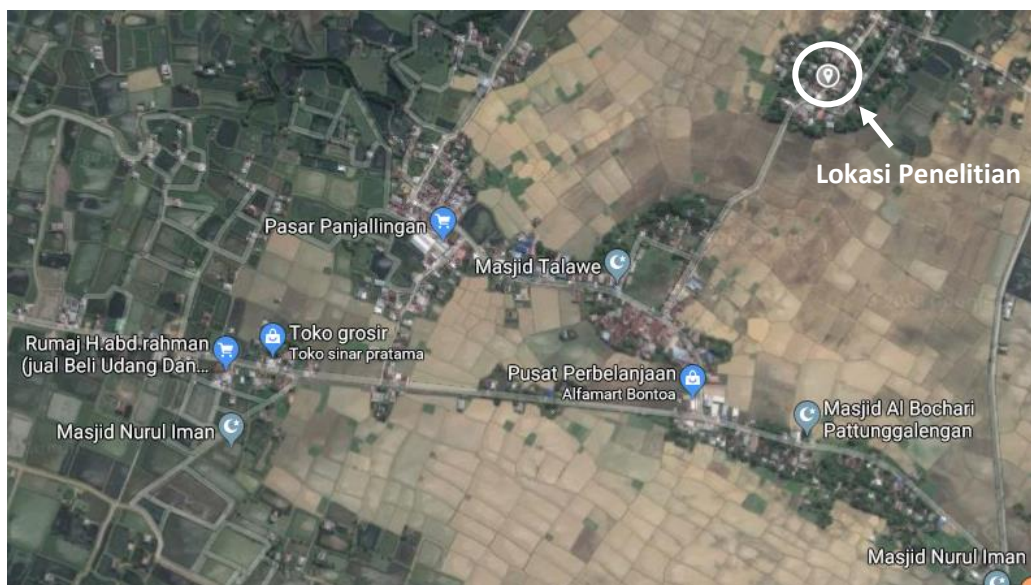
B. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN

1. Waktu

Waktu Penelitian dilaksanakan selama 12 bulan dimulai pada bulan November 2017 sampai dengan Oktober 2018.

2. Lokasi

Penelitian dilakukan di lokasi pengumpulan kepiting bakau hasil penangkapan desa Barandasi Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan Indonesia.



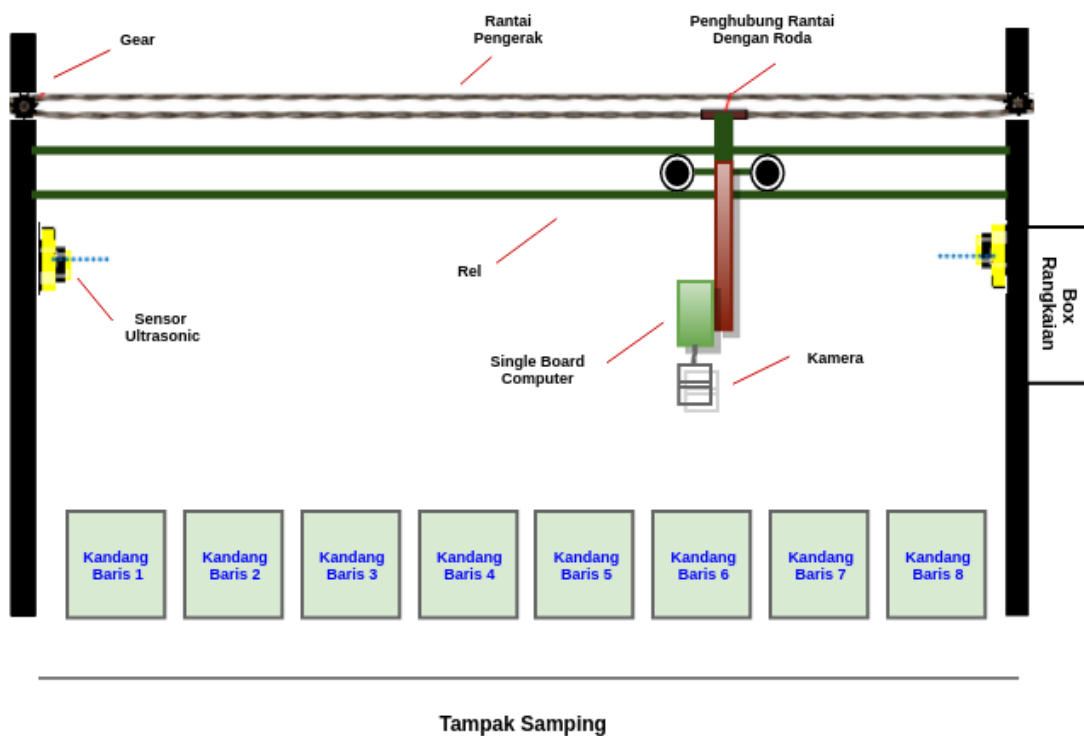
Gambar 13. Lokasi Pengambilan Data

C. JENIS PENELITIAN

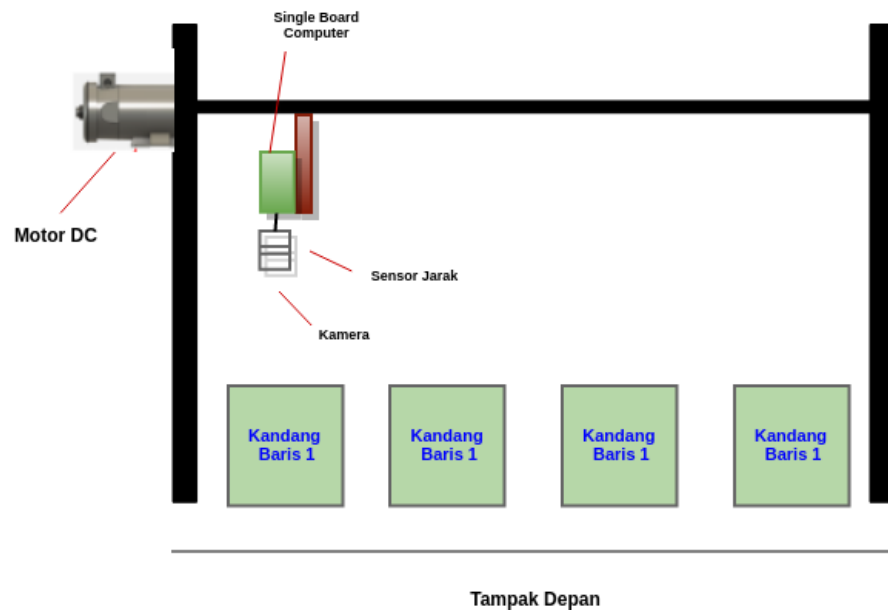
Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bersifat aplikatif sehingga dari ruang lingkup masalah dapat dilakukan dengan metode studi pustaka (*library research*), metode pengumpulan data lapangan (*field research*) dan pembuatan sistem serta analisis data.

D. PERANCANGAN SISTEM

Secara keseluruhan sistem yang dibuat dalam penelitian ini bekerja dengan cara kamera yang ditempatkan dibagian atas dekat dengan alat pemberi pakan akan bergerak dari depan ke belakang dan dari kiri ke kanan disepanjang kolam budidaya sehingga kamera dapat mengambil gambar kepingan bakau di dalam setiap kandang. Gambar kepingan bakau di setiap kandang kemudian diproses sehingga diketahui estimasi beratnya dan alat pemberi pakan dapat menentukan serta memberikan jumlah pakan yang sesuai untuk setiap kepingan bakau di dalam setiap kandang. Selain itu juga dari hasil estimasi berat kepingan bakau di dalam setiap kandang tersebut para pembudidaya dapat mengetahui kepingan bakau pada kandang mana yang telah dapat dipanen.



Gambar 14. Rancangan Sistem Tampak Samping

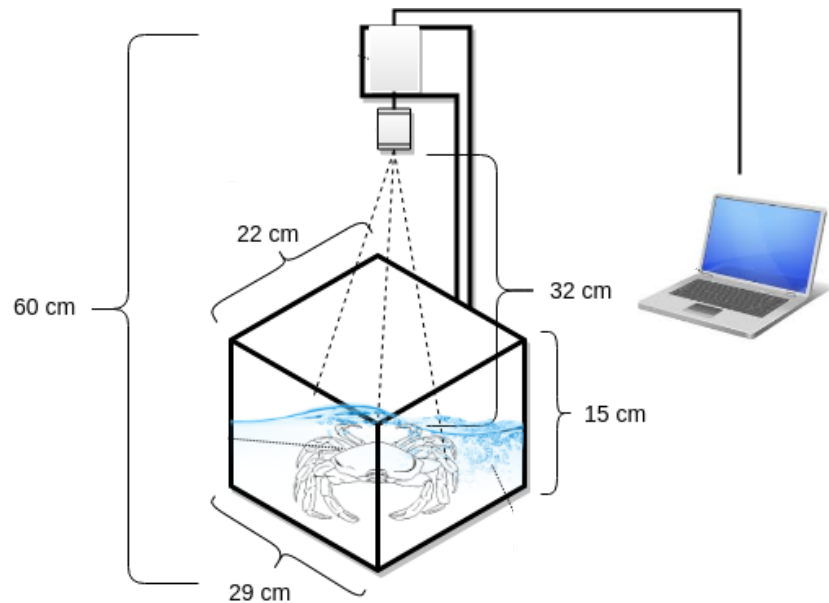


Gambar 15. Rancangan Sistem Tampak Depan

Pada penelitian ini sistem yang dibuat masih dalam tahap prototipe sehingga belum dapat diimplementasikan pada sistem secara keseluruhan. Perancangan sistem dibagi menjadi dua. Pertama perancangan *hardware* berupa mekanik yang berfungsi untuk mengambil data dan menguji sistem yang dibuat. Kedua perancangan *Software* meliputi sistem deteksi dan segmentasi karapas kepinging bakau, pengambilan fitur dari citra karapas kepinging bakau serta estimasi berat kepinging bakau.

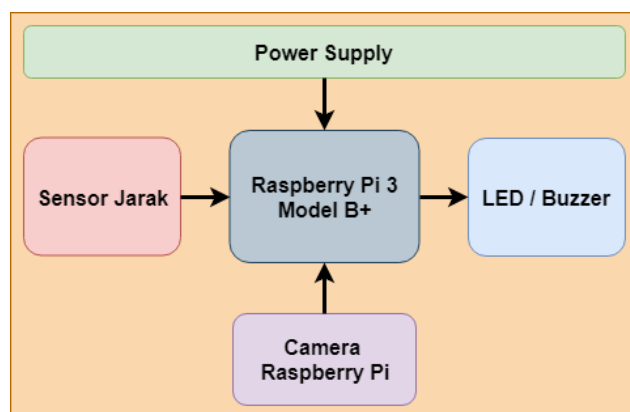
1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras ini dirancang sebagai kebutuhan untuk alat pengambilan gambar kepinging bakau yang akan digunakan sebagai data dalam penelitian ini. Selain itu juga perangkat keras tersebut akan digunakan untuk menguji tingkat kinerja dari sistem estimasi berat kepinging bakau menggunakan pengolahan citra digital yang dikembangkan dalam penelitian ini.



Gambar 16. Perancangan Hardware

Perangkat keras yang dibuat memiliki tinggi total sebesar 60 cm. Pada Gambar 16 terlihat bahwa perangkat keras ini terdiri dari dua bagian dimana bagian pertama merupakan sebuah box yang berukuran panjang 29 cm, lebar 22 cm dan tinggi 15 cm tempat untuk meletakkan air serta kepiting bakau hidup yang akan diambil gambarnya. Sedangkan bagian yang kedua adalah panel kendali yang berfungsi untuk mengatur semua aktivitas yang terkait proses pengambil dan pengolahan gambar kepiting bakau.

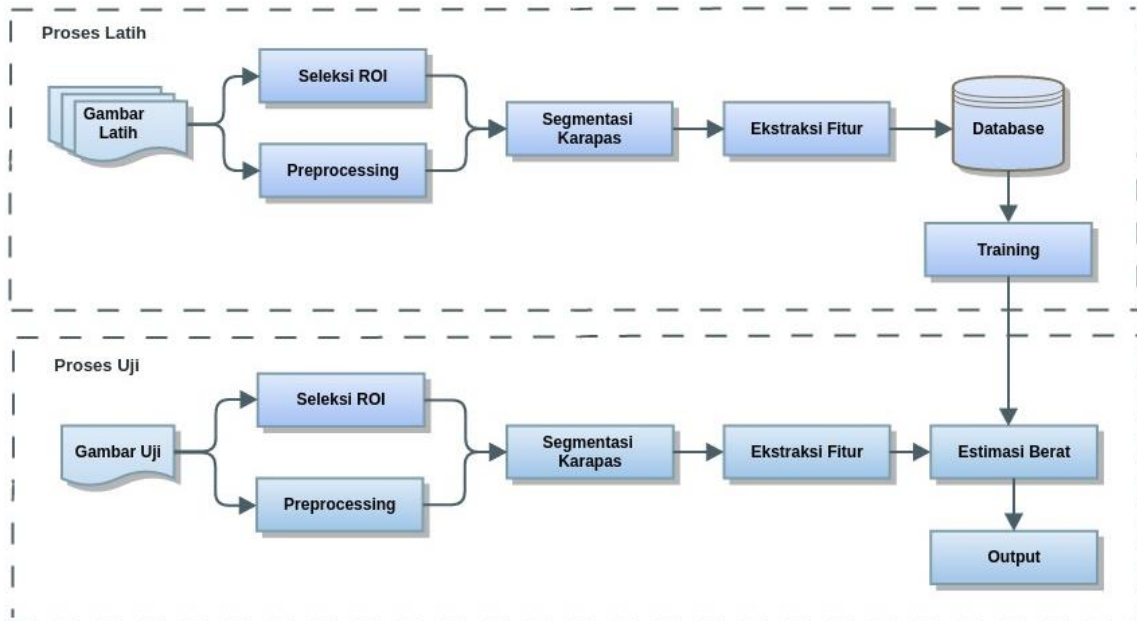


Gambar 17. Blok Diagram Perancangan Hardware

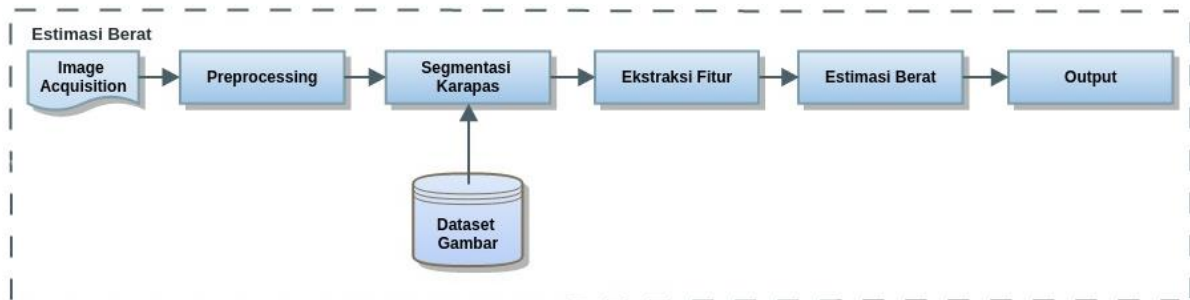
Pada Gambar 17 dijelaskan bahwa panel kendali tersebut terdiri dari beberapa perangkat yaitu sensor jarak yang berfungsi untuk mengukur jarak pengambilan gambar antara kamera dengan tinggi permukaan air yang terdapat pada box keping bakau sehingga jarak pengambilan gambar untuk setiap keping bakau selalu sama yaitu 32 cm. Apabila jarak pengambilan gambar telah sesuai maka informasi tersebut akan ditampilkan dalam bentuk *led* pada panel tersebut akan menyala dan *buzzer* akan berbunyi. Selain itu pada panel tersebut juga terdapat perangkat kamera yang berfungsi untuk mengambil gambar keping bakau di dalam box. Gambar tersebut kemudian disimpan dan diolah pada perangkat *Single Board Computer* yaitu *Raspberry Pi*. Penyimpanan data latih dan pelatihan sistem serta estimasi berat keping bakau semuanya dilakukan pada perangkat *Raspberry Pi*.

2. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Tahapan perancangan *software* ini terdiri dari dua proses yaitu proses pelatihan dan proses pengujian seperti pada gambar 18. Data masukan yang akan diolah oleh sistem menggunakan format gambar JPG (*Joint Photographic Expert Assemble*) dengan ukuran 640x480 piksel.



Gambar 19. Perancangan Software



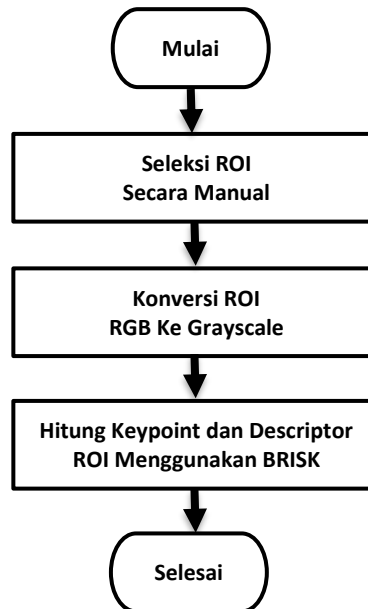
Gambar 18. Estimasi Berat Kepiting Bakau Periode Selanjutnya

Uraian tentang pengolahan data masukkan pada sistem yang dibuat diuraikan sebagai berikut.

a. Seleksi *Region Of Interest* (ROI)

Proses seleksi ROI terdiri dari beberapa langkah seperti yang ditunjukkan pada gambar 20. Proses seleksi ROI dilakukan secara manual. ROI yang diseleksi pada gambar adalah lokasi karapas kepiting bakau. Para pelaku pembudidaya hanya perlu

melakukan proses seleksi ROI secara manual ini cukup satu kali saja yaitu pada awal masa budidaya kepiting bakau.



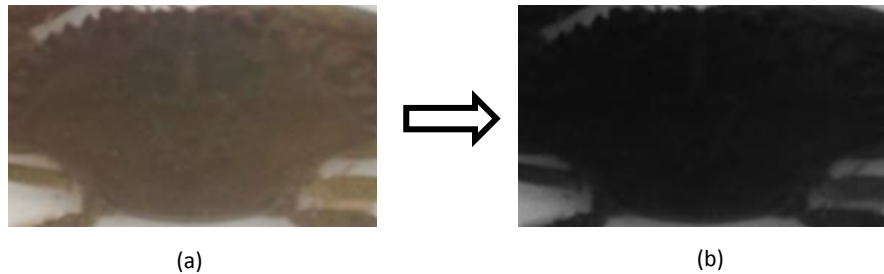
Gambar 20. Alur Diagram Seleksi ROI

Gambar ROI ini kemudian dapat disimpan sehingga ketika kepiting bakau mengalami pergantian kulit (*Molting*) serta bertambah besar ROI ini dapat digunakan kembali untuk mengestimasi berat kepiting bakau hingga kepiting bakau tersebut akhirnya dapat dipanen.



Gambar 21. Seleksi Region of Interest (ROI)

Setelah proses seleksi ROI selesai, selanjutnya dilakukan proses konversi gambar ROI dari RGB ke *grayscale*.

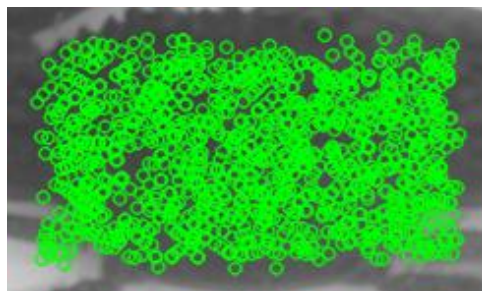


Gambar 22. (a) Gambar ROI RGB (b) Gambar ROI Grayscale

Berikut ini adalah *source code* program proses konversi ROI dari RGB ke *grayscale*.

```
gray_roi = cv2.cvtColor(rgb_roi, cv2.COLOR_RGB2GRAY)
```

Setelah gambar ROI menjadi *grayscale* selanjutnya dilakukan pencarian nilai *keypoint* dan *descriptor* dengan menggunakan algoritma BRISK.



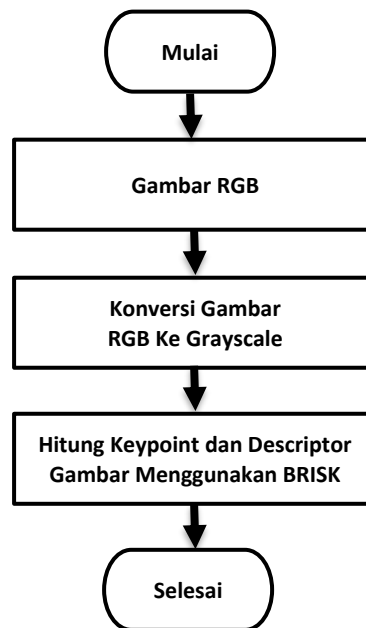
Gambar 23. Keypoint dan Descriptor ROI

Berikut ini *source code* proses pencarian nilai *keypoint* dan *descriptor* pada gambar ROI dengan menggunakan algoritma BRISK.

```
thresh = 1; octave = 1; pattern = 1.0
brisk = cv2.BRISK_create(thresh, octave, pattern)
kp1, des1 = brisk.detectAndCompute(gray_roi, None)
```

b. *Preprocessing*

Pada tahap *preprocessing* setiap gambar yang diolah dilakukan proses *grayscale* dan pencarian nilai *keypoint* serta *descriptor* menggunakan algoritma BRISK.



Gambar 24. Alur Diagram *Preprocessing*

Proses *grayscale* dimulai dengan mengubah nilai pada setiap piksel dalam gambar RGB menjadi nilai piksel skala keabuan dengan menggunakan persamaan (2).

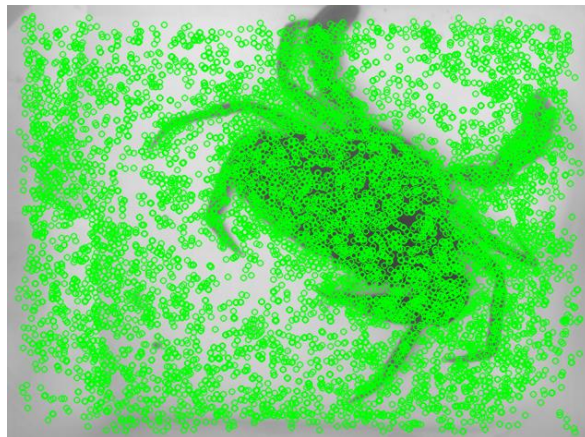


Gambar 25. (a) Gambar RGB (b) Gambar Grayscale

Proses *grayscale* dilakukan dengan menggunakan *source code* program seperti dibawah ini.

```
gray = cv2.cvtColor(rgb, cv2.COLOR_RGB2GRAY)
```

Setelah dilakukan proses *grayscale* kemudian dilanjutkan dengan proses pencarian nilai *keypoint* dan *descriptor* pada gambar *grayscale* dengan menggunakan algoritma BRISK. Algoritma BRISK ini dipilih karena algoritma ini dapat mencari nilai *keypoint* dan *descriptor* pada gambar yang tahan terhadap perubahan ukuran, sudut dan pencahayaan sehingga algoritma ini sangat cocok digunakan karena kepiting bakau di dalam kandang memiliki ukuran dan sudut serta pencahayaan yang sangat beragam.



Gambar 26. Keypoint dan Descriptor Gambar

Proses pencarian *keypoint* dan *descriptor* pada gambar dengan menggunakan algoritma BRISK ditunjukkan oleh *source code* berikut ini.

```
thresh = 1; octave = 1; pattern = 1.0  
brisk = cv2.BRISK_create(thresh, octave, pattern)  
kp2, des2 = brisk.detectAndCompute(gray, None)
```

c. Segmentasi Karapas

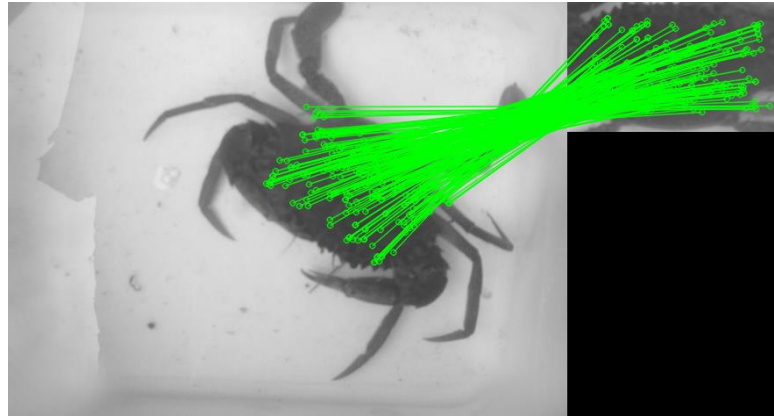
Proses segmentasi karapas kepiting bakau di dalam penelitian ini terdiri dari beberapa langkah yang dijelaskan pada gambar berikut ini.



Gambar 27. Alur Diagram Segmentasi Karapas

Proses pencocokan *keypoint* dan *descriptor* ROI pada gambar dilakukan dengan menggunakan algoritma FLANN. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya dalam mencari kecocokan

keypoint secara cepat dan dalam jumlah yang sangat banyak. Nilai-nilai kecocokan tersebut kemudian disaring lagi dengan menggunakan sebuah nilai ambang batas tertentu yaitu 0,67 sehingga hanya diperoleh kecocokan dengan nilai yang tinggi.



Gambar 28. Pencocokan Keypoint dan Descriptor

Berikut ini *source code* program proses pencocokan *keypoint* dan *descriptor* menggunakan FLANN.

```

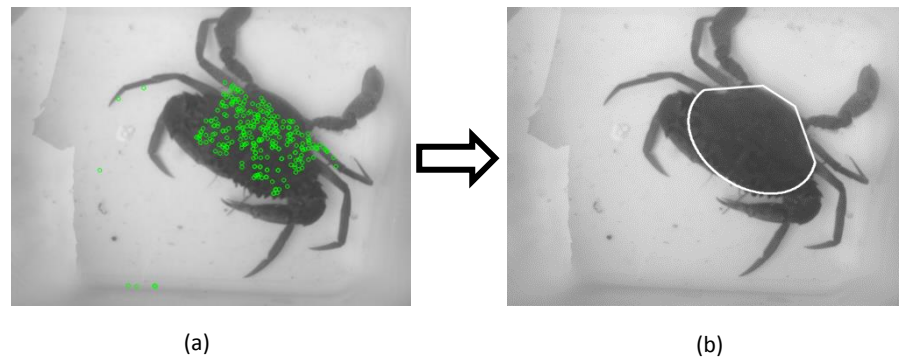
index_params = dict(algorithm = 6, table_number = 6,
                    key_size = 12, multi_probe_level = 1)
flann = cv2.FlannBasedMatcher(index_params, {})

#pencocokan keypoint dan descriptor
matches = flann.knnMatch(des1, des2, k = 2)

#filter nilai kecocokan
for m, n in matches:
    if m.distance < 0.67 * n.distance:
        good_raw.append(m)

```

Dari nilai kecocokan tersebut dapat diperoleh *homography* gambar. *Homography* ini kemudian digunakan pada sebuah poligon yang telah dipersiapkan sebelumnya sehingga ukuran dan sudut pada poligon akan berubah. Wilayah yang ditandai oleh poligon tersebut merupakan lokasi karapas kepiting bakau.



Gambar 29. (a) Keypoint dan Descriptor Karapas (b) Lokasi Karapas

```
#pencarian homography
for m in good_raw:
    src_pts.append(kp1[m.trainIdx].pt)
    dst_pts.append(kp2[m.queryIdx].pt)
    good_pts.append(kp2[m.queryIdx])

src_pts = np.float32([src_pts])
dst_pts = np.float32([dst_pts])

M,location = cv2.findHomography(src_pts, dst_pts,
                                cv2.RANSAC, 5.0)

matchesloc = location.ravel().tolist()

rgb_match = cv2.drawKeypoints(rgb, good_pts, None,
                               color=(0,255,0), flags=2)

#ubah ukuran dan sudut poligon
pts = np.float32(polygon_fix).reshape(-1,1,2)
dst = cv2.perspectiveTransform(pts,M)

rgb_poly = cv2.polylines(rgb,[np.int32(dst)], True,
                          255,2,cv2.LINE_AA)
```

Kemudian selanjutnya adalah melakukan proses binerisasi yaitu proses konversi gambar *grayscale* menjadi gambar biner. Proses binerisasi dilakukan dengan menentukan nilai ambang batas (T) antara 0-255. Proses penentuan nilai ambang batas tersebut dilakukan dengan menggunakan metode Otsu. Proses binerisasi pada gambar dilakukan dengan menggunakan nilai ambang batas tersebut pada persamaan (3).

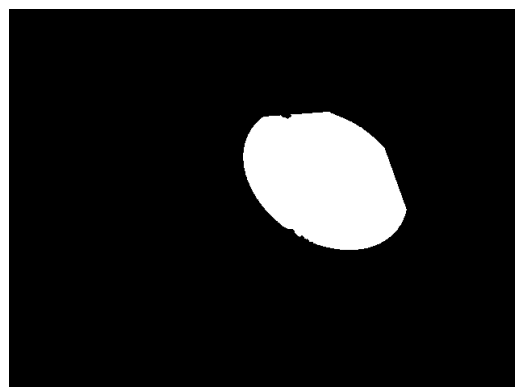


Gambar 30. Konversi Gambar Grayscale Ke Biner

Source code program untuk proses binerisasi diperlihatkan dibawah ini

```
bw = cv2.threshold(gray, 0, 255, cv2.THRESH_BINARY_INV  
+cv2.THRESH_OTSU)
```

Proses segmentasi karapas kepiting bakau dilakukan dengan mempertahankan nilai dari setiap piksel pada gambar biner yang terdapat di dalam lokasi karapas kepiting bakau serta mengeliminasi semua nilai dari setiap piksel pada gambar biner yang terdapat diluar lokasi karapas kepiting bakau. Sehingga dari proses ini dapat diperoleh hanya gambar biner dari karapas kepiting bakau.



Gambar 31. Gambar Biner Karapas Kepiting Bakau

Source code program proses segmentasi karapas kepiting bakau.

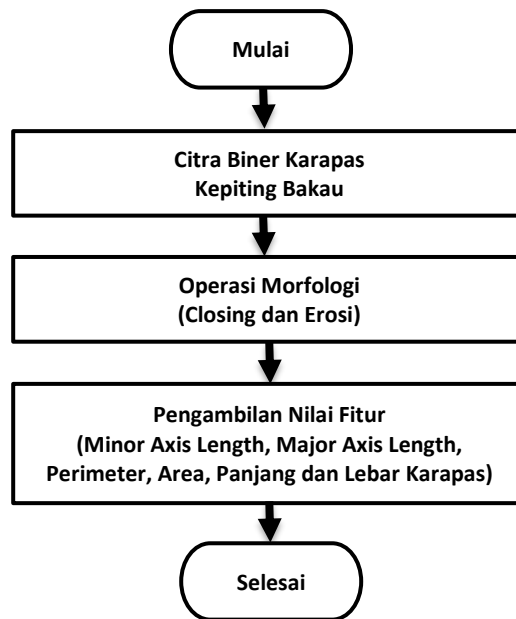
```
#buat masking untuk proses segmentasi
mask = np.zeros((rgb.shape))
cv2.fillPoly(mask, [np.int32(dst)], color=(255,255,255))
mask = np.int32(mask)

#segmentasi karapas kepiting bakau
fusion = np.bitwise_and(bw, mask)
fusion = np.uint8(fusion)
```

d. Ekstraksi fitur

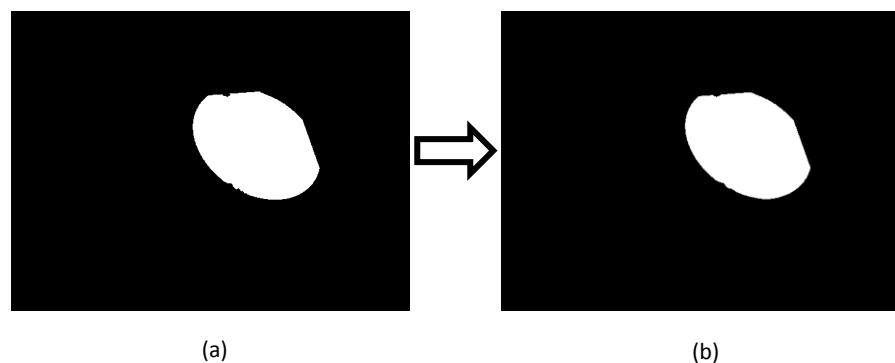
Pada proses ini nilai fitur yang diambil adalah *minor axis length*, *major axis length*, *perimeter*, *area*, panjang dan lebar karapas kepiting bakau. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya memperlihatkan bahwa parameter seperti panjang dan lebar karapas kepiting bakau dapat digunakan dalam mengestimasi berat kepiting bakau (Yusrudin 2016). Hal ini dapat dibuktikan dengan tingkat koefisien determinasi yang tinggi sebesar 0.922. Sehingga dalam penelitian ini peneliti menggunakan parameter panjang dan lebar karapas kepiting bakau sesungguhnya yang diperoleh melalui gambar untuk mengestimasi berat kepiting bakau. Selain itu dalam penelitian ini juga peneliti menggunakan parameter seperti *minor axis length* dan *major axis length* yang dimana kedua parameter ini dapat merepresentasikan parameter panjang dan lebar dari karapas kepiting bakau pada citra kepiting bakau sehingga peneliti mengharapkan proses estimasi berat kepiting bakau

dapat berjalan lebih cepat karena parameter yang digunakan dapat diperoleh secara langsung pada gambar tanpa perlu lagi melalui proses perhitungan untuk mengkonversi nilai pada gambar menjadi panjang dan lebar sesungguhnya dari karapas kepiting bakau. Sedangkan penggunaan parameter keliling karapas dan luas area karapas dilakukan karena parameter ini sangat sulit untuk diukur secara langsung sehingga belum ada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang mencoba mencari tahu hubungan parameter keliling karapas dan luas karapas terhadap berat kepiting bakau. Akan tetapi dengan menggunakan pengolahan citra parameter-parameter tersebut dapat diperoleh dengan mudah sehingga peneliti mencoba mencari tahu hubungan antara parameter keliling karapas dan luas area karapas terhadap berat kepiting bakau. Sehingga dapat diketahui apakah kedua parameter tersebut dapat digunakan untuk mengestimasi berat kepiting bakau. Panjang dan lebar karapas kepiting bakau juga diukur secara manual dan digunakan untuk mengestimasi berat kepiting bakau. Hal ini bertujuan sebagai pembandingan terhadap hasil dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya serta sebagai pembandingan terhadap hasil dari beberapa parameter yang digunakan di dalam penelitian ini untuk mengestimasi berat kepiting bakau.



Gambar 32. Alur Diagram Ekstraksi Fitur

Citra biner dari karapas kepiting bakau yang telah diperoleh kemudian dilanjutkan pada tahap operasi morfologi. Tahapan ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas bentuk dari gambar. Operasi morfologi yang dilakukan yaitu *closing* yang berfungsi untuk menutup semua lubang hitam pada citra biner yang tersisa serta *erosi* untuk menipiskan sisi gambar yang menebal karena proses *closing* sehingga ukuran gambarnya kembali ke ukurannya semula.



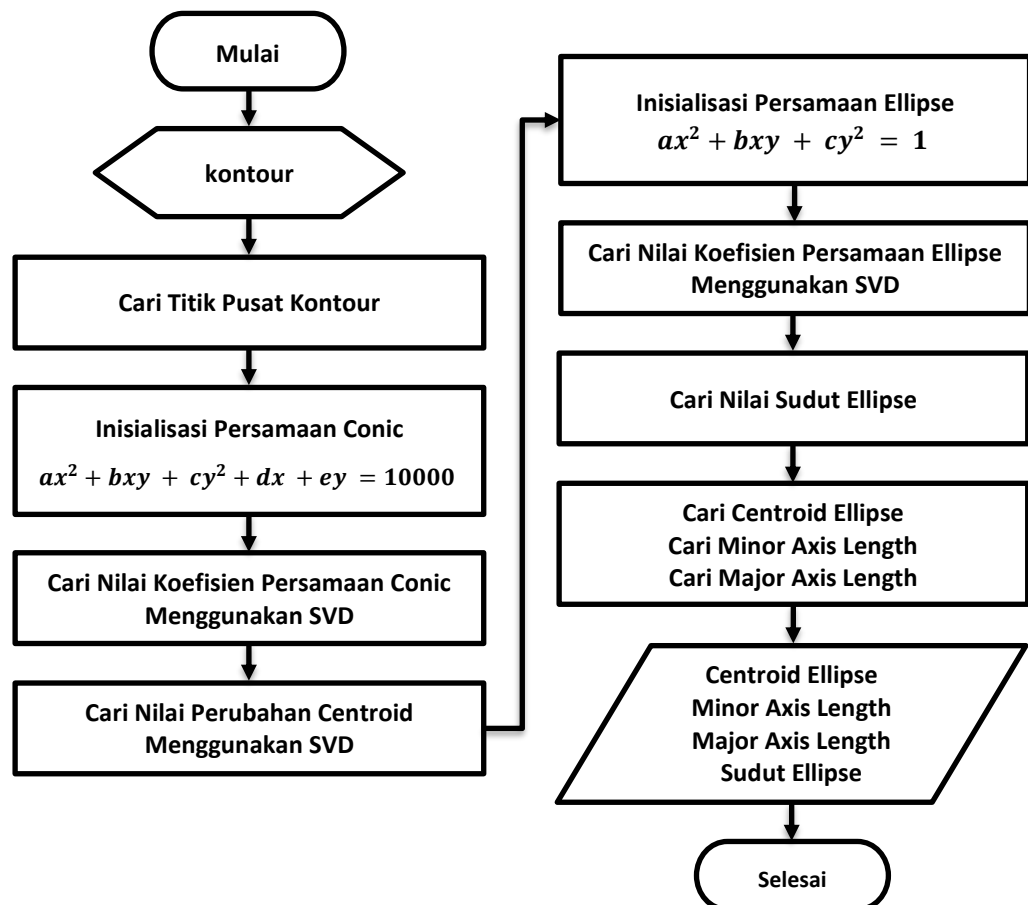
Gambar 33. (a) Gambar Biner Karapas (b) Hasil Operasi Morfologi

Berikut ini *source code* untuk proses closing dan erosi gambar

```
kernel1 = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE,
                                   (12,12))
kernel2 = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE,
                                   (4,4))

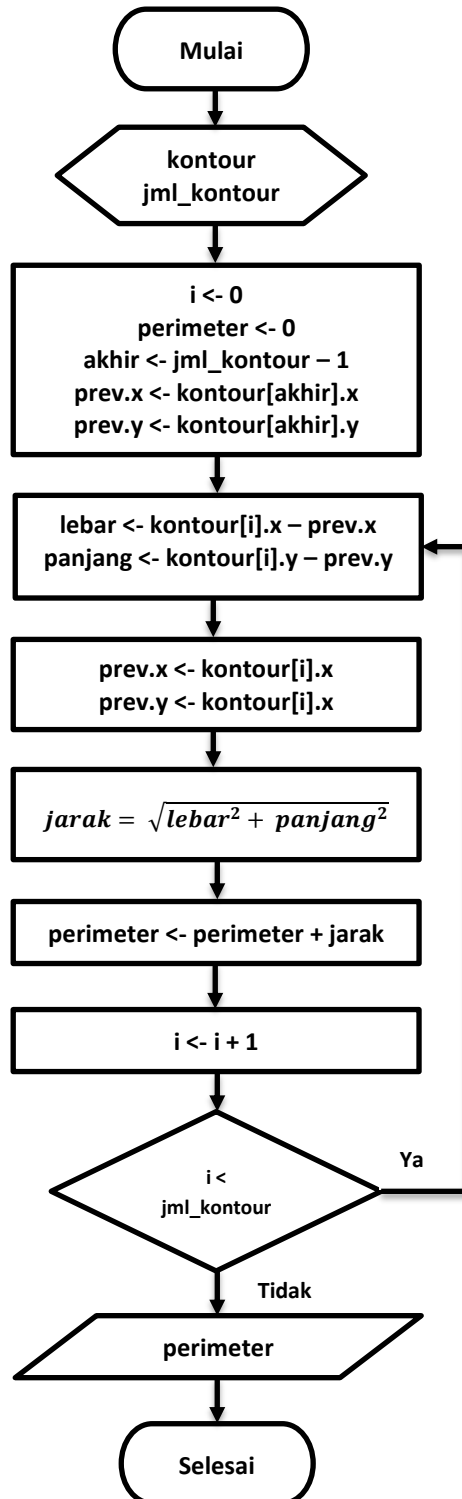
close = cv2.morphologyEx(fusion, cv2.MORPH_CLOSE,
                        kernel1)
erosi = cv2.morphologyEx(close, cv2.MORPH_ERODE,
                        kernel2)
```

Setelah proses operasi morfologi selesai, selanjutnya dilakukan proses pengambilan nilai fitur seperti *minor axis length*, *major axis length*, perimeter, area dan panjang serta lebar karapas kepiting bakau. Proses pengambilan nilai fitur *minor* dan *major axis length* dijelaskan pada gambar *flowchart* berikut ini.



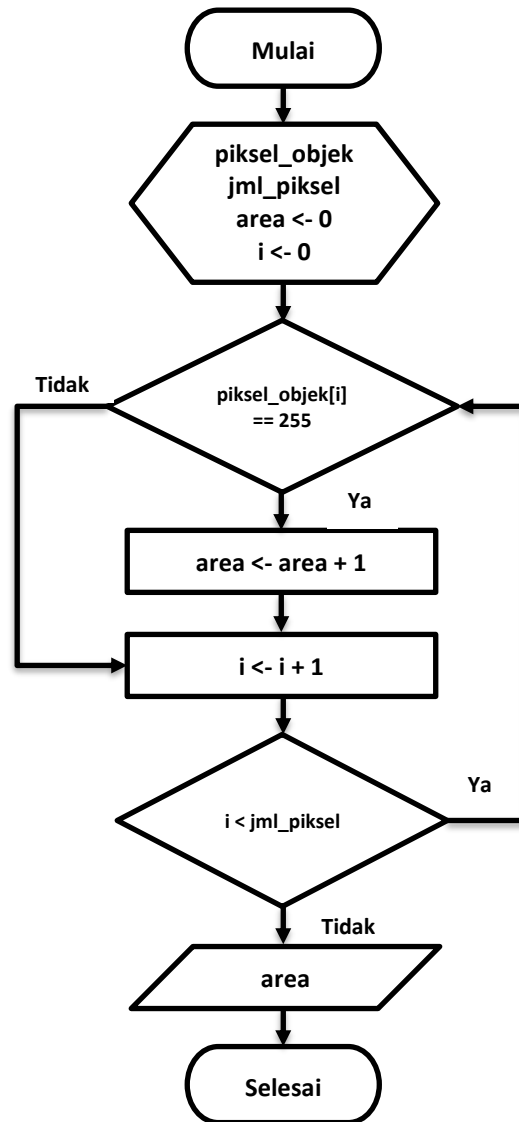
Gambar 34. Flowchart Minor dan Major Axis Length

Sedangkan proses pengambilan nilai fitur keliling karapas atau perimeter dijelaskan pada *flowchart* berikut ini.



Gambar 35. Flowchart Perimeter

Proses pengambilan nilai fitur luas area karapas kepiting bakau dijelaskan pada *flowchart* berikut ini.



Gambar 36. Flowchart Luas Area

Agar lebih memudahkan, proses pengambilan nilai fitur *minor axis length*, *major axis length*, perimeter dan area pada gambar dilakukan dengan menggunakan *Library OpenCV*. Berikut ini merupakan *source code* program untuk mengambil nilai dari fitur-fitur tersebut pada gambar.

```

contour = cv2.findContours(erosi,cv2.RETR_EXTERNAL,
                           cv2.CHAIN_APPROX_NONE)

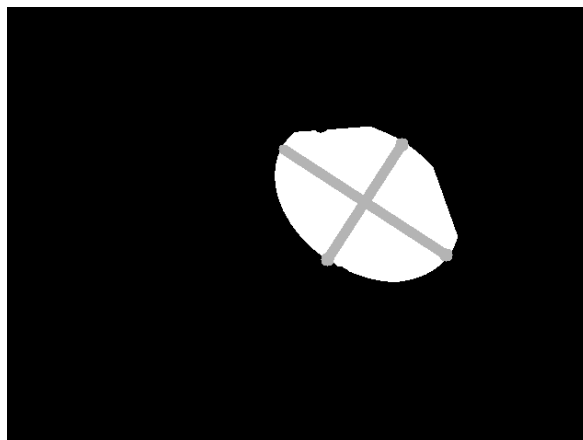
#Ambil nilai fitur-fitur
(ex,ey),(ma,MA),angle = cv2.fitEllipse(contour)
perimeter = cv2.arcLength(contour,True)
area = cv2.contourArea(contour)

```

Sedangkan untuk fitur panjang dan lebar karapas sebelumnya perlu dilakukan proses kalibrasi. Menentukan jumlah piksel yang sesuai dengan diameter objek pada arah horizontal dan vertikal. Identifikasi koefisien K_x dan K_y (cm/piksel). Untuk menentukan jumlah centimeter yang cocok terhadap nilai satu piksel pada gambar dalam arah X dan Y.

$$K_x = \frac{D}{P_x} ; K_y = \frac{D}{P_y} \quad (25)$$

Dimana D adalah diameter objek dalam cm; P_x dan P_y jumlah piksel dalam arah X dan Y yang cocok dengan diameter objek. Koefisien K_x dan K_y dapat digunakan untuk mengukur jarak sesungguhnya pada gambar dalam satuan cm.



Gambar 37. Fitur Panjang dan Lebar Karapas

Sebagai contoh jarak sesungguhnya antara titik A (X_A , Y_A) dan B (X_B , Y_B) pada gambar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *euclidian distance* sebagai berikut.

$$L = \sqrt{[(X_A - X_B) * K_x]^2 + [(Y_A - Y_B) * K_y]^2} \quad (26)$$

Sehingga yang perlu dilakukan oleh sistem untuk menghitung nilai panjang karapas dan lebar karapas kepinging bakau yang sesungguhnya dari gambar adalah mencari masing-masing 2 titik yang merepresentasikan jarak panjang dan lebar karapas kepinging bakau pada gambar tersebut. Adapun nilai dari K_x adalah 0,04466 dan K_y adalah 0,0439. Berikut ini adalah *source code* yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar karapas kepinging bakau yang sesungguhnya dari gambar.

```
def calc_asli(self, p, l)
    D = sqrt(pow((p*0.04466), 2) + pow((l*0.0439), 2))
    return D

anglesma = radians(180 - angle + 90)
anglesMA = radians(180 - angle)

max,may = (0.5*ma*sin(anglesma)), (0.5*ma*cos(anglesma))
MAx,MAy = (0.5*MA*sin(anglesMA)), (0.5*MA*cos(anglesMA))

maxtop, maytop = (ex + maix), (ey + may)
maxbot, maybot = (ex - maix), (ey - may)
MAxtop, MAytop = (ex + MAx), (ey + MAy)
MAxbot, MAybot = (ex - MAx), (ey - MAy)

lengthma = abs(maxtop - maxbot)
widthma = abs(maytop - maybot)
lengthMA = abs(MAxtop - MAxbot)
widthMA = abs(MAytop - MAybot)

#Panjang dan Lebar Karapas Kepinging Bakau
Dma = self.calc_asli(lengthma, widthma)
DMA = self.calc_asli(lengthMA, widthMA)
```

e. Estimasi Berat

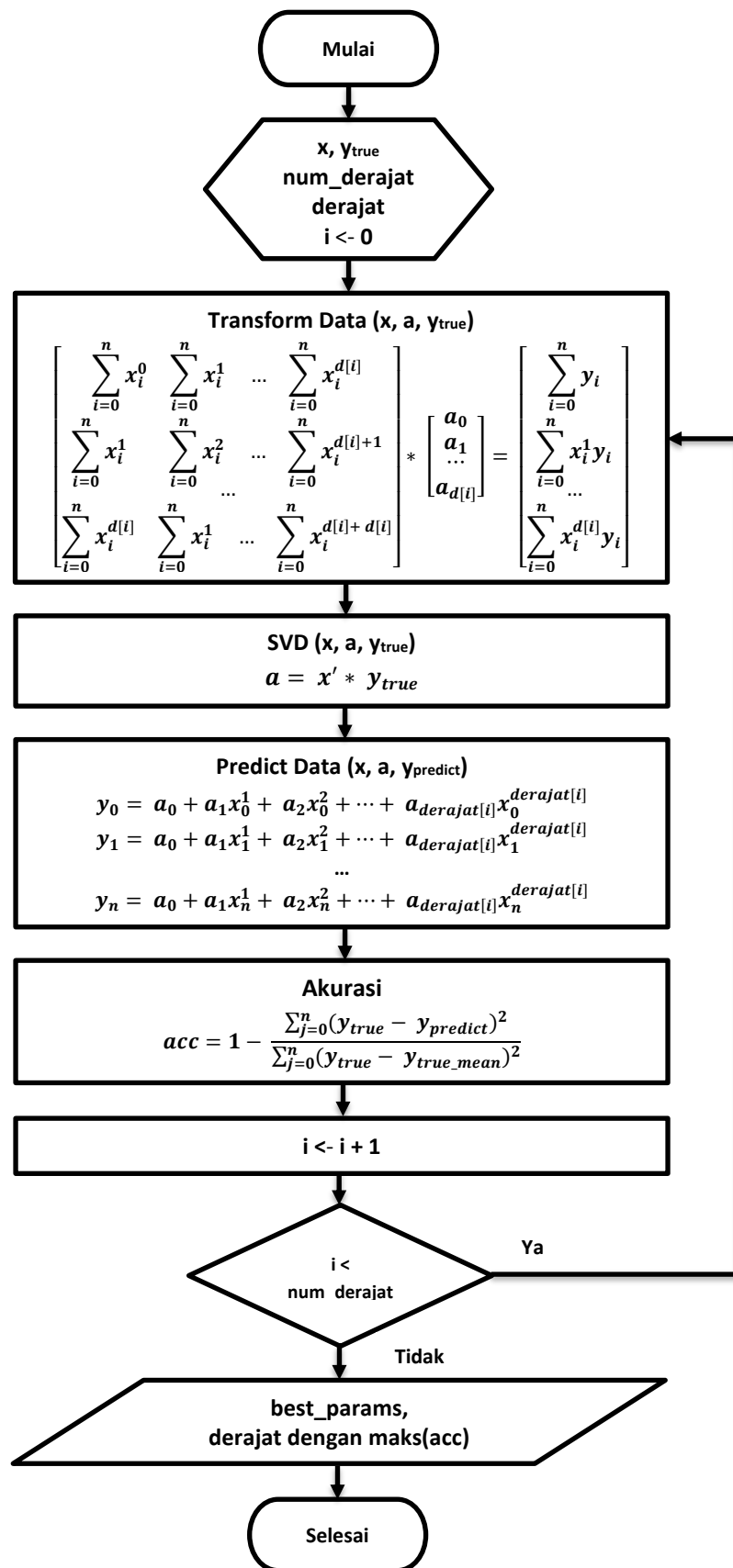
Sebelum melakukan proses estimasi berat kepiting bakau, perlu dilakukan terlebih dahulu proses training sistem. Training sistem dilakukan dengan menggunakan 700 data training yang telah disiapkan sebelumnya di dalam *database* sistem. Pada penelitian ini terdapat beberapa metode estimasi berat kepiting bakau yang akan dibandingkan. Metode tersebut yaitu Regresi Linear, Polinomial dan *Support Vector Regression* (SVR) serta Regresi Non Linear.

- Regresi Linear

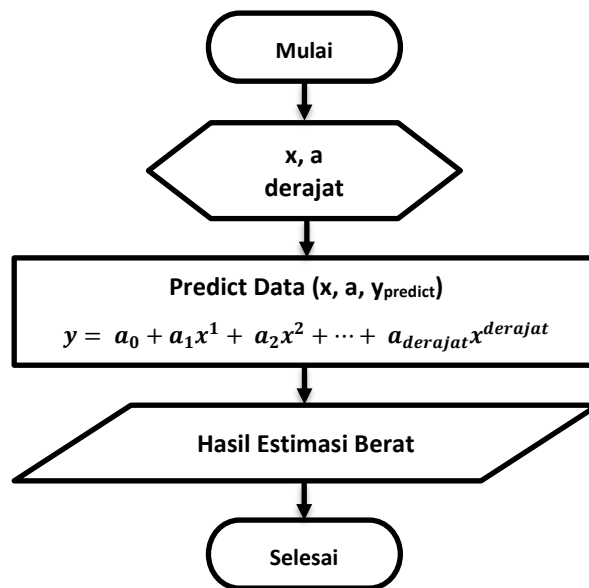
Proses training sistem dilakukan dengan menggunakan persamaan (12) dan (13) untuk mencari nilai dari koefisien b_0 dan b_1 . Nilai dari koefisien-koefisien tersebut kemudian digunakan pada persamaan (11) untuk mengestimasi berat kepiting bakau.

- Polinomial

Proses training sistem pada metode polinomial dilakukan dengan menggunakan persamaan (15) untuk mencari nilai derajat terbaik serta nilai dari koefisien penyelesaian pada persamaan polinomial sehingga dapat digunakan untuk mengestimasi berat kepiting bakau. Nilai derajat dan nilai koefisien penyelesaian tersebut kemudian digunakan pada persamaan (14) untuk mengestimasi berat kepiting bakau.



Gambar 38. Flowchart Pelatihan Metode Polinomial

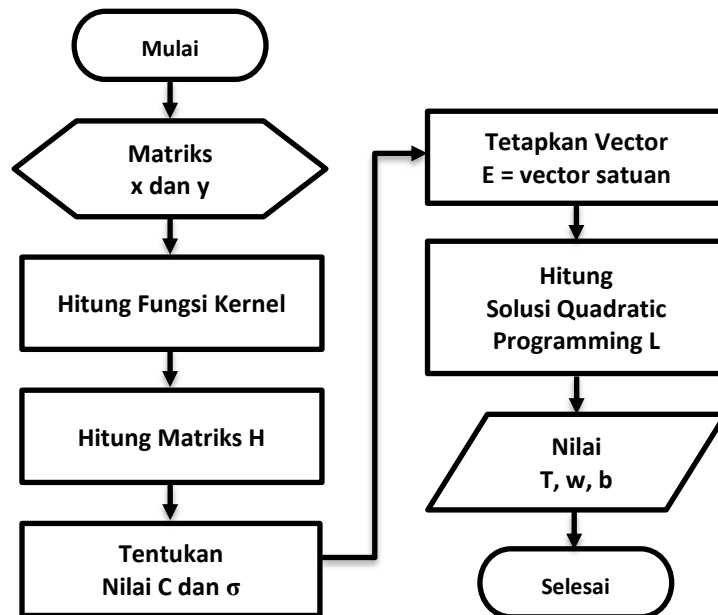


Gambar 39. Flowchart Pengujian Metode Polinomial

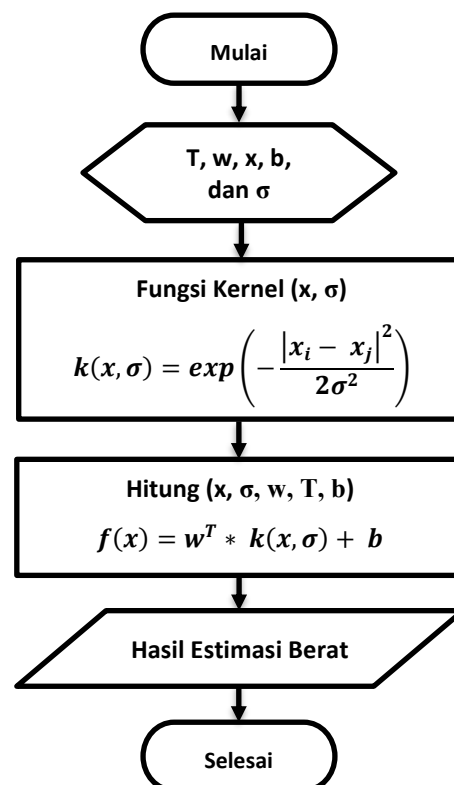
- *Support Vector Regression (SVR)*

Pada proses training sistem dengan menggunakan metode SVR, selain menggunakan data training yang dipersiapkan sebelumnya juga digunakan sejumlah nilai dari beberapa parameter seperti kernel RBF, nilai C, nilai degree dan nilai gamma. Algoritma *Grid Search* akan menggunakan nilai-nilai parameter tersebut pada metode SVR untuk proses training sistem. Hasil dari algoritma *Grid Search* akan memperlihatkan nilai-nilai terbaik dari parameter tersebut yang dapat digunakan untuk mengestimasi berat keping bakau. Selain itu algoritma ini juga akan menampilkan *score* yang diperoleh dari nilai-nilai parameter tersebut. Nilai-nilai parameter tersebut kemudian digunakan pada metode SVR untuk mengestimasi berat keping bakau.

Berikut ini adalah *flowchart* proses pelatihan dan proses pengujian metode *Support Vector Regression* (SVR).



Gambar 40. Flowchart Pelatihan Metode SVR



Gambar 41. Flowchart Pengujian Metode SVR

- Regresi Non Linear

Selain itu di dalam penelitian ini juga digunakan persamaan yang digunakan oleh beberapa penelitian sebelumnya untuk mengestimasi berat kepiting bakau (Mutasya et al. 2017; Nurlaila Ervina Herliany 2015; Yusrudin 2016). Persamaan tersebut berbentuk regresi non linear.

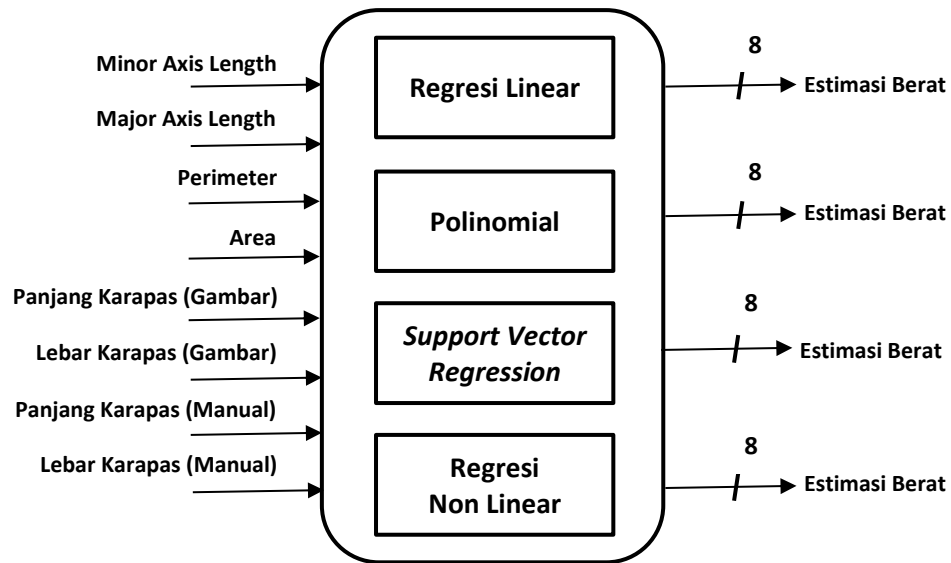
$$W = aL^b \quad (28)$$

Dimana W adalah berat kepiting bakau; L adalah fitur yang digunakan; serta a dan b adalah nilai-nilai koefisien. Untuk mencari nilai-nilai koefisien penyelesaian dari persamaan diatas maka bentuk persamaannya harus diubah menjadi

$$Y = A + bX \quad (29)$$

Dimana Y adalah nilai $\ln(W)$ serta X adalah nilai dari $\ln(L)$; pencarian nilai koefisien b dilakukan dengan menggunakan persamaan (13) sedangkan pencarian nilai A dilakukan dengan menggunakan persamaan (12). Nilai koefisien a adalah nilai dari e^A dimana e adalah bilangan *euler*.

Sehingga di dalam penelitian ini terdapat 32 skenario dari 8 fitur dan 4 metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi berat kepiting bakau. Semua skenario tersebut kemudian diuji dan dianalisa sehingga diperoleh skenario dengan tingkat kinerja yang terbaik dalam mengestimasi berat kepiting bakau.



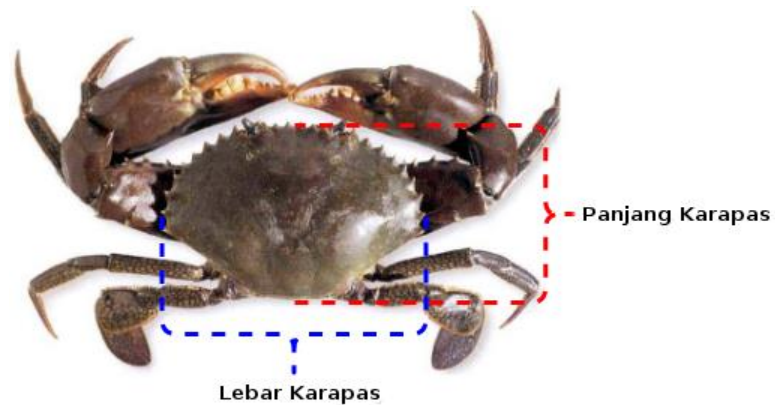
Gambar 42. Skema Pengujian Estimasi Berat

E. SUMBER DATA

Tahapan pengumpulan data terdiri dari pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder:

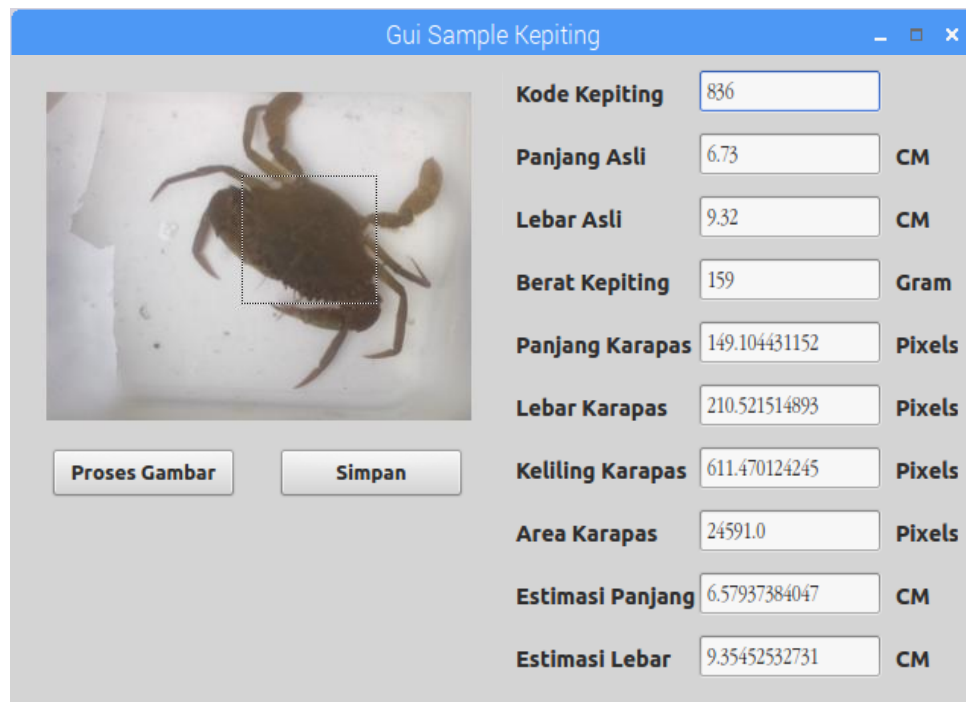
1. Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini berupa kepiting bakau hasil tangkapan langsung yang diambil dari lokasi penelitian. Setiap kepiting bakau tersebut kemudian dicuci hingga bersih untuk menghilangkan jenis semua kotoran yang menempel pada tubuh kepiting bakau. Kepiting bakau tersebut kemudian dipilih secara acak agar diperoleh data dengan variasi ukuran yang beragam mulai dari yang terkecil hingga yang terbesar. Pengambilan data berupa panjang dan lebar karapas kepiting bakau diambil secara langsung dengan menggunakan alat ukur yaitu jangka sorong dan timbangan digital.



Gambar 43. Ukuran Karapas Kepiting Bakau

Selain itu dilakukan juga pengambilan data berupa gambar dari setiap kepiting bakau tersebut dengan menggunakan alat yang dirancang pada penelitian ini. Gambar tersebut kemudian disimpan untuk kemudian diolah pada perangkat *single board computer* dengan menggunakan metode yang telah dijelaskan sebelumnya hingga diperoleh nilai fitur-fitur yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 44. Pengambilan Data

Nilai fitur-fitur tersebut ditambah dengan panjang dan lebar karapas kepiting bakau beserta dengan berat kepiting bakau yang diukur secara manual disimpan ke dalam *database*. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 jenis data yaitu:

a. Data Latih

Data latih adalah data yang terlebih dahulu melalui proses latih pada sistem untuk membentuk model pembelajaran sistem. Data latih ini berupa data panjang dan lebar karapas kepiting bakau, berat kepiting bakau serta nilai fitur-fitur yang diperoleh dari gambar kepiting bakau. Jumlah data yang digunakan sebagai data latih adalah sebanyak 700 data.

b. Data Uji

Data uji adalah data yang diuji pada sistem untuk diproses dan menentukan estimasi berat dari kepiting bakau. Data uji ini berupa data panjang dan lebar karapas kepiting, berat kepiting serta citra dari kepiting bakau. Jumlah data uji yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 300 data.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berupa referensi yang dapat berasal dari buku, jurnal dan sumber dari internet lainnya yang berkaitan erat dengan teori dan konsep di dalam penelitian ini.

F. INSTRUMENTASI PENELITIAN

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - a. Laptop Lenovo dengan *Prosesor Core i3 -3317U (1.33 GHz), Intel(R) HD Graphics 4000, RAM 4GB.*
 - b. *Raspberry Pi 3 Model B+*
 - c. *Raspberry Pi Camera Versi 2*
 - d. Jangka Sorong
 - e. Timbangan Digital
 - f. Sensor Jarak HC-SR04
 - g. LED dan Buzzer

2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. *Windows 10*
 - b. *Raspbian OS*
 - c. *Python*
 - d. *OpenCV*
 - e. *Scikit Learn*

G. PENGUJIAN SISTEM

Setelah dilakukan perancangan sistem, selanjutnya dilakukan proses pengujian pada sistem yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat kinerja dari sistem yang diusulkan pada penelitian ini. Adapun tingkat kinerja dari sistem yang diujikan yaitu koefisiensi determinasi dan *mean absolute error* serta waktu eksekusi.

1. Koefisiensi Determinasi

Koefisien determinasi adalah ukuran variasi pada total peubah tidak bebas yang dapat dijelaskan hubungannya dengan peubah bebas. Koefisien determinasi (R^2) memiliki nilai antara 0 hingga 1,0. Semakin baik hubungan linear terhadap data maka nilai R^2 akan semakin mendekati nilai 1.0 dan apabila terdapat hubungan linear yang lemah maka nilai R^2 akan mendekati nilai 0 (Ghozali 2012). Nilai koefisiensi determinasi diuji untuk mengetahui tingkat hubungan antara fitur-fitur yang digunakan untuk mengestimasi berat dari kepiting bakau terhadap berat kepiting bakau yang sesungguhnya.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (25)$$

Nilai R^2 adalah nilai koefisiensi determinasi; y_i adalah berat yang sesungguhnya dari kepiting bakau dan \bar{y}_i adalah berat rata-rata dari berat yang sesungguhnya serta \hat{y}_i adalah hasil estimasi berat dari kepiting bakau.

2. Mean Absolute Error (MAE)

Mean Absolute Error (MAE) adalah persamaan matematika yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan dari sebuah sistem prediksi yang dimana hasil dari sistem tersebut bersifat *continuous*. Nilai *mean absolute error* diuji untuk mengetahui tingkat kesalahan dari sistem dalam mengestimasi berat sesungguhnya dari setiap

kepiting bakau. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung MAE. Dimana f_i adalah hasil estimasi berat; y_i adalah berat yang sesungguhnya dan n adalah jumlah data.

$$MAE = \frac{\sum_{i=0}^n |f_i - y_i|}{n} \quad (26)$$

3. Pengujian Waktu

Pengujian waktu dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu rata-rata yang diperlukan oleh sistem yang diusulkan pada penelitian ini dalam mengestimasi berat seekor kepiting bakau. Waktu yang diukur adalah rentang waktu ketika proses seleksi ROI telah selesai dilakukan hingga sistem mengeluarkan hasil estimasi dari berat kepiting bakau. Pengujian waktu dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini dengan nilai T_i adalah waktu eksekusi percobaan ke- i dan n adalah jumlah percobaan.

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=0}^n T_i}{n} \quad (27)$$

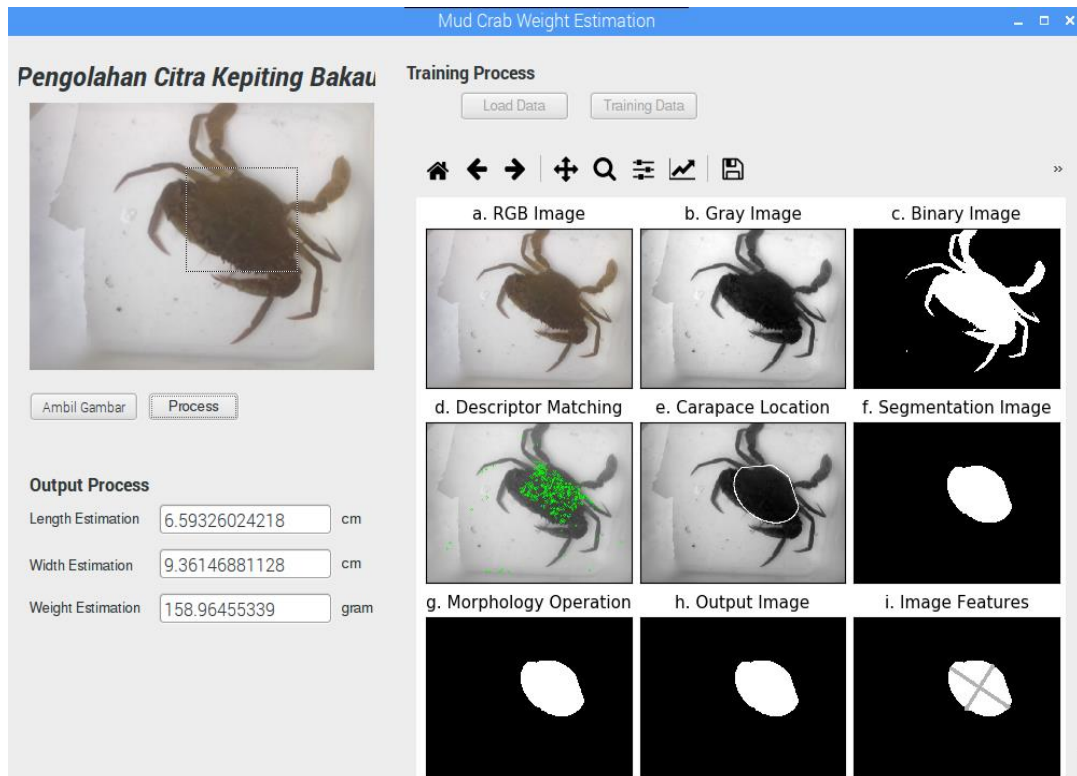
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

A. TAMPILAN SISTEM

Tampilan *Graphical User Interface* (GUI) sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 38. Pada gambar tersebut terlihat bagian-bagian dari *user interface* sistem ini. Bagian yang pertama menampilkan gambar kepiting bakau yang diambil dengan menggunakan alat yang dirancang pada penelitian ini, gambar tersebut kemudian diseleksi ROI yaitu daerah karapas kepiting bakau secara manual. Bagian yang kedua menampilkan proses yang terjadi pada sistem mulai dari proses pengambilan gambar hingga diperoleh nilai fitur yang digunakan. Bagian yang ketiga menampilkan hasil estimasi berat kepiting bakau.



Gambar 45. Tampilan Graphical User Interface Sistem

B. HASIL PENGUJIAN

1. Hasil Pengujian Fitur *Minor Axis Length*

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan fitur *minor axis length* dilakukan dengan menggunakan 700 data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya. Hasil dari proses pelatihan untuk sistem estimasi berat kepiting bakau tersebut adalah.

- Regresi Linear

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

$$y = -241,11304 + 2,82794x$$

- Polinomial

Sedangkan untuk metode polinomial, proses pelatihan sistem menunjukkan hasil estimasi berat kepiting bakau yang terbaik diperoleh dengan menggunakan persamaan hingga derajat 4 dengan nilai *score* sebesar 0,8345. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

$$y = -574,897 + 1,633E^{+01}x - 1,663E^{-01}x^2 + 7,994E^{-04}x^3 - 1,299E^{-06}x^4$$

- *Support Vector Regression (SVR)*

Berdasarkan dari proses pelatihan sistem, hasil estimasi berat kepiting bakau yang terbaik dengan menggunakan metode SVR dapat diperoleh dengan menggunakan parameter kernel RBF dengan nilai $C = 100$ dan $\text{degree} = 3$ serta $\text{gamma} = 0,001$. Parameter terbaik tersebut diperoleh berdasarkan hasil dari algoritma *grid search* dengan nilai *score* sebesar 0,7999.

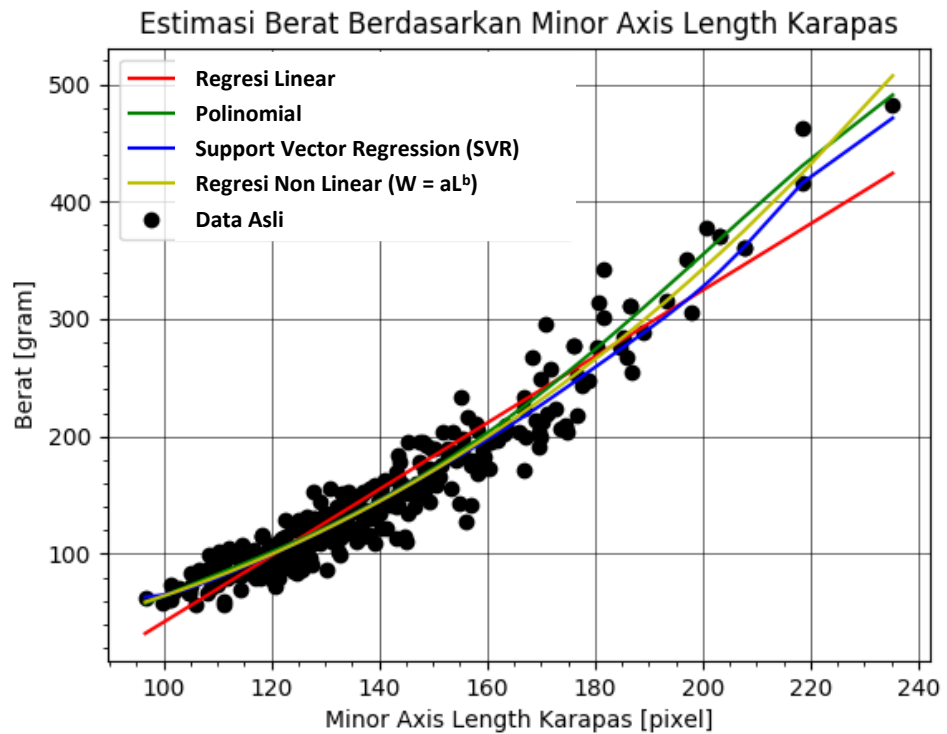
- Regresi Non Linear

Terakhir untuk penggunaan metode regresi non linear pada sistem estimasi berat kepiting bakau. Proses pelatihan sistem menunjukkan hasil estimasi berat kepiting bakau yang terbaik dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$W = 9,2775E^{-04} * L^{2,41947}$$

Proses pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode-metode estimasi berat kepiting bakau diatas pada 300 data uji yang

telah dipersiapkan sebelumnya. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hasil dari proses pengujian tersebut.



Gambar 46. Grafik Pengujian Minor Axis Length

Berdasarkan hasil pengujian diatas, tingkat kinerja dari metode-metode tersebut dalam mengestimasi berat dari setiap keping bakau diperlihatkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Pengujian Minor Axis Length

Pengujian	Minor Axis Length			
	Regresi Linear	Polinomial	SVR	Regresi Non Linear ($W=aL^b$)
R²	0,8979	0,9281	0,9315	0,9297
MAE (gram)	18,2846	14,9246	14,4382	14,5110
Waktu (detik)	7,9346	7,9351	7,9347	7,9340

2. Hasil Pengujian Fitur *Major Axis Length*

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan fitur *major axis length* dilakukan dengan menggunakan 700 data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya. Hasil dari proses pelatihan untuk sistem estimasi berat keping bakau tersebut adalah sebagai berikut.

- Regresi Linear

Proses pelatihan menunjukkan untuk metode regresi linear hasil terbaik dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$y = -319,24962 + 2,31592x$$

- Polinomial

Sedangkan untuk metode polinomial hasil terbaik estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan hingga derajat 4 dengan nilai *score* sebesar 0,9241. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

$$y = -56,8004 - 6,606E^{-01}x + 1,769E^{-02}x^2 - 7,803E^{-05}x^3 + 1,512E^{-07}x^4$$

- *Support Vector Regression (SVR)*

Hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dengan menggunakan metode SVR diperoleh dengan penggunaan parameter kernel RBF dengan nilai $C = 100$ dan $\text{degree} = 3$ serta $\text{gamma} = 0,001$. Parameter terbaik tersebut diperoleh

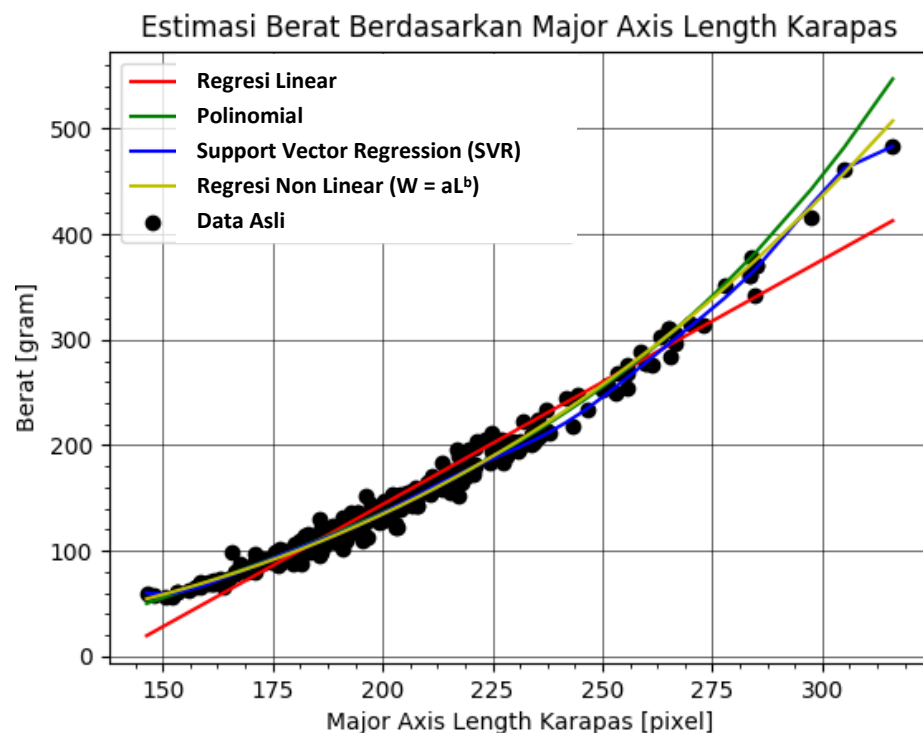
berdasarkan hasil dari algoritma *grid search* dengan nilai *score* sebesar 0,9130.

- Regresi Non Linear

Terakhir untuk penggunaan metode regresi non linear hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$W = 2,9076E^{-05} * L^{2,89694}$$

Proses pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode-metode estimasi berat keping bakau diatas pada 300 data uji yang telah dipersiapkan sebelumnya. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hasil dari proses pengujian tersebut.



Gambar 47. Grafik Pengujian Major Axis Length

Berdasarkan hasil pengujian diatas, tingkat kinerja dari metode-metode tersebut dalam mengestimasi berat dari keping bakau diperlihatkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3. Pengujian Major Axis Length

Pengujian	Major Axis Length			
	Regresi Linear	Polinomial	SVR	Regresi Non Linear ($W=aL^b$)
R²	0,9610	0,9833	0,9874	0,9866
MAE (gram)	10,7154	6,0581	5,4330	5,8640
Waktu (detik)	7,9540	7,9545	7,9540	7,9534

3. Hasil Pengujian Fitur *Perimeter*

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan fitur perimeter dilakukan dengan menggunakan sejumlah 700 data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut ini.

- Regresi Linear

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan metode regresi linear memperlihatkan bahwa untuk memperoleh hasil terbaik dalam mengestimasi berat dari setiap keping bakau dengan menggunakan metode regresi linear dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$y = -297,52344 + 0,77498x$$

- Polinomial

Sedangkan untuk metode polinomial hasil terbaik estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan hingga derajat 3 dengan nilai *score* sebesar 0,9030. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

$$y = -142,627 + 6,801E^{-01}x - 9,494E^{-04}x^2 + 1,081E^{-06}x^3$$

- *Support Vector Regression* (SVR)

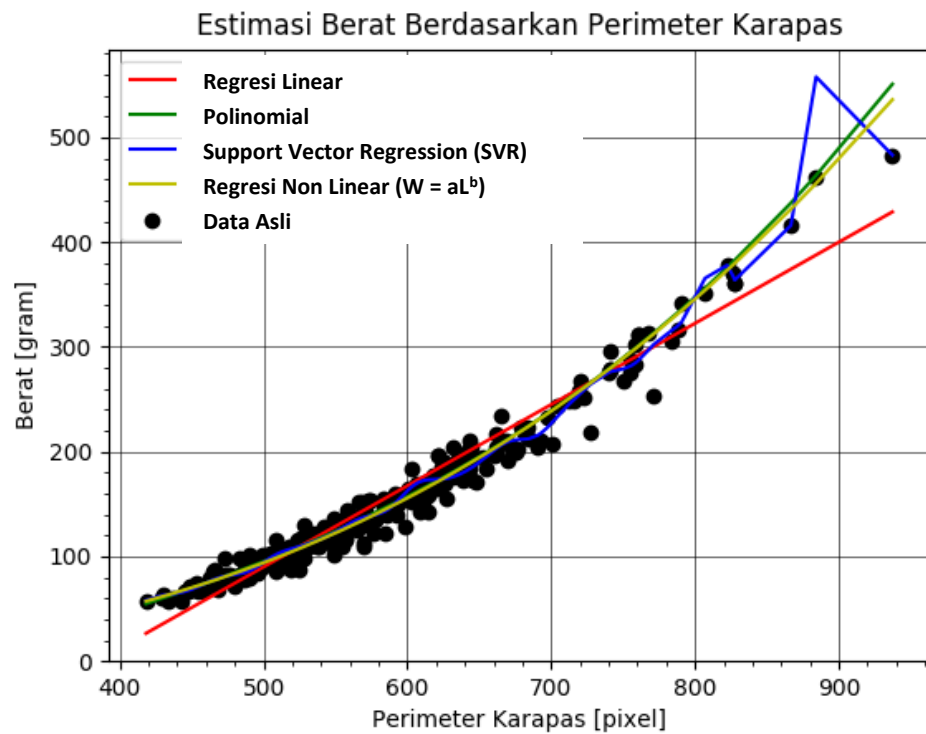
Hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dengan menggunakan metode SVR diperoleh dengan penggunaan parameter kernel RBF dengan nilai $C = 1000$ dan $\text{degree} = 3$ serta $\text{gamma} = 0,001$. Parameter terbaik tersebut diperoleh berdasarkan hasil dari algoritma *grid search* dengan nilai *score* sebesar 0,8663.

- Regresi Non Linear

Terakhir untuk penggunaan metode regresi non linear hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$W = 3,1224E^{-06} * L^{2,77086}$$

Berikut ini adalah grafik yang memperlihatkan hasil dari proses pengujian metode-metode diatas menggunakan 300 data uji yang telah dipersiapkan sebelumnya.



Gambar 48. Grafik Pengujian Perimeter

Berdasarkan dari grafik serta hasil serangkaian pengujian diatas, tabel dibawah ini memperlihatkan tingkat kinerja dari penggunaan metode-metode tersebut dalam proses estimasi berat dari setiap kepiting bakau.

Tabel 4. Pengujian Perimeter

Pengujian	Perimeter			
	Regresi Linear	Polinomial	SVR	Regresi Non Linear ($W=aL^b$)
R²	0,9519	0,9722	0,9760	0,9742
MAE (gram)	11,9777	7,9902	7,8566	7,8673
Waktu (detik)	7,9908	7,9913	7,9909	7,9902

4. Hasil Pengujian Fitur Area

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan fitur luas area dari karapas kepiting bakau dilakukan dengan menggunakan sejumlah 700 data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut ini.

- Regresi Linear

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan metode regresi linear memperlihatkan bahwa untuk memperoleh hasil terbaik dalam mengestimasi berat dari setiap kepiting bakau dengan menggunakan metode regresi linear dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$y = -60,28811 + 0,00939x$$

- Polinomial

Sedangkan untuk metode polinomial hasil terbaik estimasi berat kepiting bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan hingga derajat 4 dengan nilai *score* sebesar 0,8925. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

$$y = -114,982 + 2,136E^{-02}x - 7,865E^{-07}x^2 - 1,922E^{-11}x^3 - 1,514E^{-16}x^4$$

- *Support Vector Regression* (SVR)

Hasil terbaik proses estimasi berat kepiting bakau dengan menggunakan metode SVR diperoleh dengan penggunaan

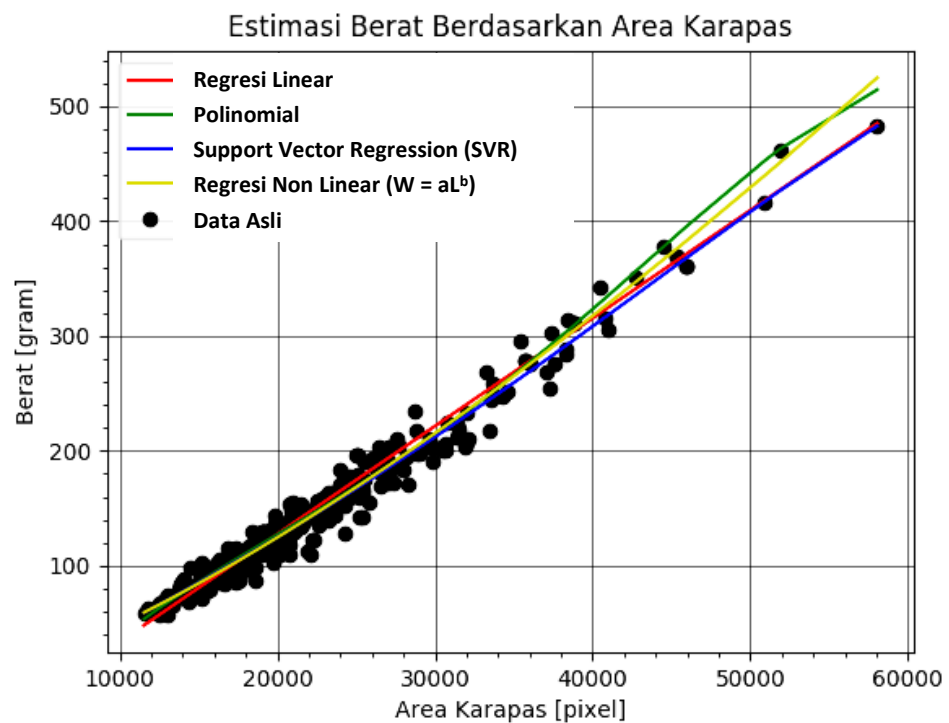
parameter kernel RBF dengan nilai $C = 10000$ dan $\text{degree} = 3$ serta $\text{gamma} = 0,01$.

- Regresi Non Linear

Terakhir untuk penggunaan metode regresi non linear hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$W = 1,9465E^{-04} * L^{1,34992}$$

Proses pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode-metode estimasi berat keping bakau diatas pada 300 data uji yang telah dipersiapkan sebelumnya. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hasil dari proses pengujian tersebut.



Gambar 49. Grafik Pengujian Area

Berdasarkan hasil pengujian diatas, tingkat kinerja dari metode-metode tersebut dalam mengestimasi berat dari keping bakau diperlihatkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 5. Pengujian Area

Pengujian	Area			
	Regresi Linear	Polinomial	SVR	Regresi Non Linear ($W=aL^b$)
R²	0,9665	0,9697	0,9732	0,9716
MAE (gram)	10,2353	9,5728	9,0282	9,3493
Waktu (detik)	8,0047	8,0051	8,0047	8.0040

5. Hasil Pengujian Fitur Panjang Karapas Pengukuran Gambar

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan fitur panjang karapas keping bakau yang diperoleh melalui gambar dilakukan dengan menggunakan 700 data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya. Hasil dari proses pelatihan untuk sistem estimasi berat keping bakau tersebut adalah sebagai berikut.

- Regresi Linear

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan metode regresi linear memperlihatkan bahwa untuk memperoleh hasil terbaik dalam mengestimasi berat dari setiap keping bakau dengan menggunakan metode regresi linear dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$y = -242,81743 + 64,17601x$$

- Polinomial

Sedangkan untuk metode polinomial hasil terbaik estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan hingga derajat 4 dengan nilai *score* sebesar 0,8309. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

$$y = 39,4036 + 4,7179x - 6,1513x^2 + 1,8556x^3 - 0,08684x^4$$

- *Support Vector Regression* (SVR)

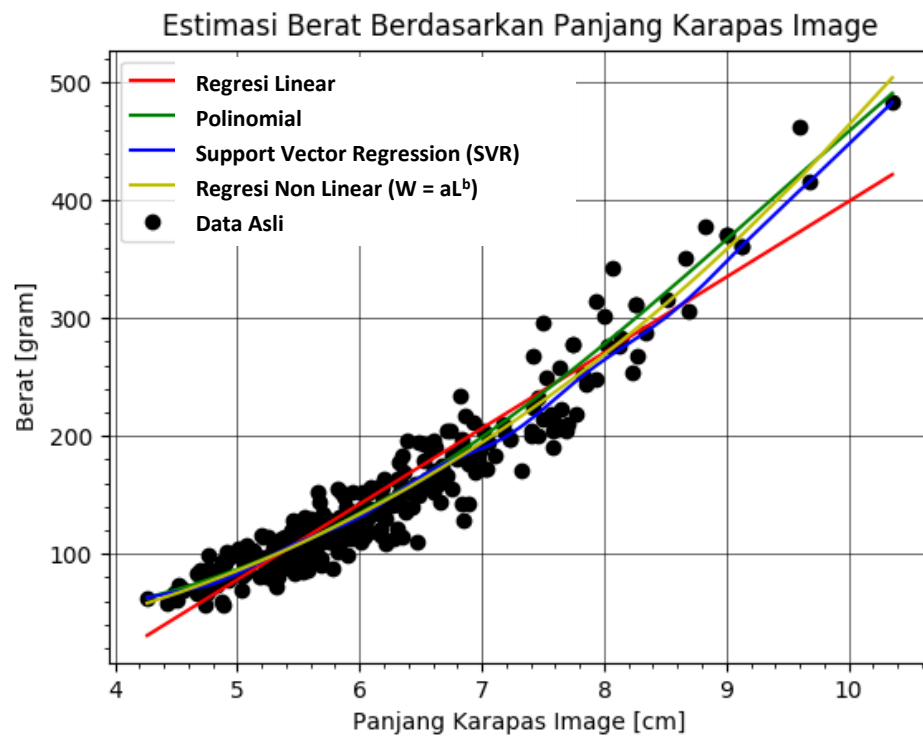
Hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dengan menggunakan metode SVR diperoleh dengan penggunaan parameter kernel RBF dengan nilai $C = 1000$ dan $\text{degree} = 3$ serta $\text{gamma} = 0,1$. Parameter terbaik tersebut diperoleh berdasarkan hasil dari algoritma *grid search* dengan nilai *score* sebesar 0,8073.

- Regresi Non Linear

Terakhir untuk penggunaan metode regresi non linear hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$W = 1,71446 * L^{2,43117}$$

Berikut ini adalah grafik yang memperlihatkan hasil dari proses pengujian metode-metode diatas menggunakan 300 data uji yang telah dipersiapkan sebelumnya.



Gambar 50. Grafik Pengujian Panjang Karapas (Gambar)

Berdasarkan dari grafik serta hasil serangkaian pengujian diatas, tabel dibawah ini memperlihatkan tingkat kinerja dari penggunaan metode-metode tersebut dalam proses estimasi berat dari setiap kepiting bakau.

Tabel 6. Pengujian Panjang Karapas (Gambar)

Pengujian	Panjang Karapas (Gambar)			
	Regresi Linear	Polinomial	SVR	Regresi Non Linear ($W=aL^b$)
R²	0,8969	0,9269	0,9307	0,9295
MAE (gram)	18,4450	15,0666	14,4526	14,5605
Waktu (detik)	7,9950	7,9955	7,9951	7,9944

6. Hasil Pengujian Fitur Lebar Karapas Pengukuran Gambar

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan fitur lebar karapas keping bakau yang diperoleh melalui gambar dilakukan dengan menggunakan 700 data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya. Hasilnya adalah sebagai berikut.

- Regresi Linear

Proses pelatihan menunjukkan untuk metode regresi linear hasil terbaik dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$y = -317,04019 + 52,03358x$$

- Polinomial

Sedangkan untuk metode polinomial hasil terbaik estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan hingga derajat 4 dengan nilai *score* sebesar 0,9266. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

$$y = -89,0154 + 0,4525x + 6,2575x^2 - 0,6748x^3 + 0,0324x^4$$

- *Support Vector Regression (SVR)*

Hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dengan menggunakan metode SVR diperoleh dengan penggunaan parameter kernel RBF dengan nilai $C = 100$ dan $\text{degree} = 3$ serta $\text{gamma} = 1$. Parameter terbaik tersebut diperoleh

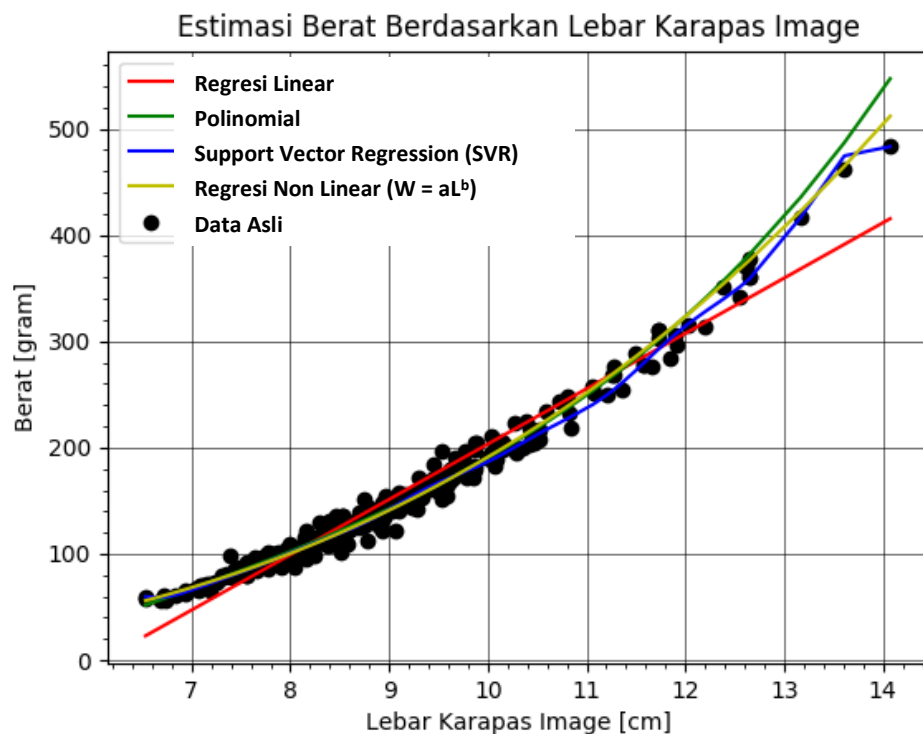
berdasarkan hasil dari algoritma *grid search* dengan nilai *score* sebesar 0,9130.

- Regresi Non Linear

Terakhir untuk penggunaan metode regresi non linear hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$W = 2,5049E^{-01} * L^{2,8824}$$

Proses pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode-metode estimasi berat keping bakau diatas pada 300 data uji yang telah dipersiapkan sebelumnya. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hasil dari proses pengujian tersebut.



Gambar 51. Grafik Pengujian Lebar Karapas (Gambar)

Berdasarkan dari grafik serta hasil serangkaian pengujian diatas, tabel dibawah ini memperlihatkan tingkat kinerja dari penggunaan metode-metode tersebut dalam proses estimasi berat dari setiap kepinging bakau.

Tabel 7. Pengujian Lebar Karapas (Gambar)

Pengujian	Lebar Karapas (Gambar)			
	Regresi Linear	Polinomial	SVR	Regresi Non Linear ($W=aL^b$)
R²	0,9612	0,9829	0,9862	0,9858
MAE (gram)	10,7366	6,4416	6,0382	6,1678
Waktu (detik)	8,0285	8,0289	8,0285	8,0279

7. Hasil Pengujian Fitur Panjang Karapas Pengukuran Langsung

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan fitur panjang karapas kepinging bakau yang diperoleh secara manual dilakukan dengan menggunakan 700 data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya. Hasil dari proses pelatihan untuk sistem estimasi berat kepinging bakau tersebut adalah sebagai berikut.

- Regresi Linear

Proses pelatihan menunjukkan untuk metode regresi linear hasil terbaik dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$y = -278,81076 + 66,13939x$$

- Polinomial

Sedangkan untuk metode polinomial hasil terbaik estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan hingga derajat 4 dengan nilai *score* sebesar 0,8636. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

$$y = -98,0708 + 2,1694x + 12,7796x^2 - 1,8967x^3 + 0,1168x^4$$

- *Support Vector Regression* (SVR)

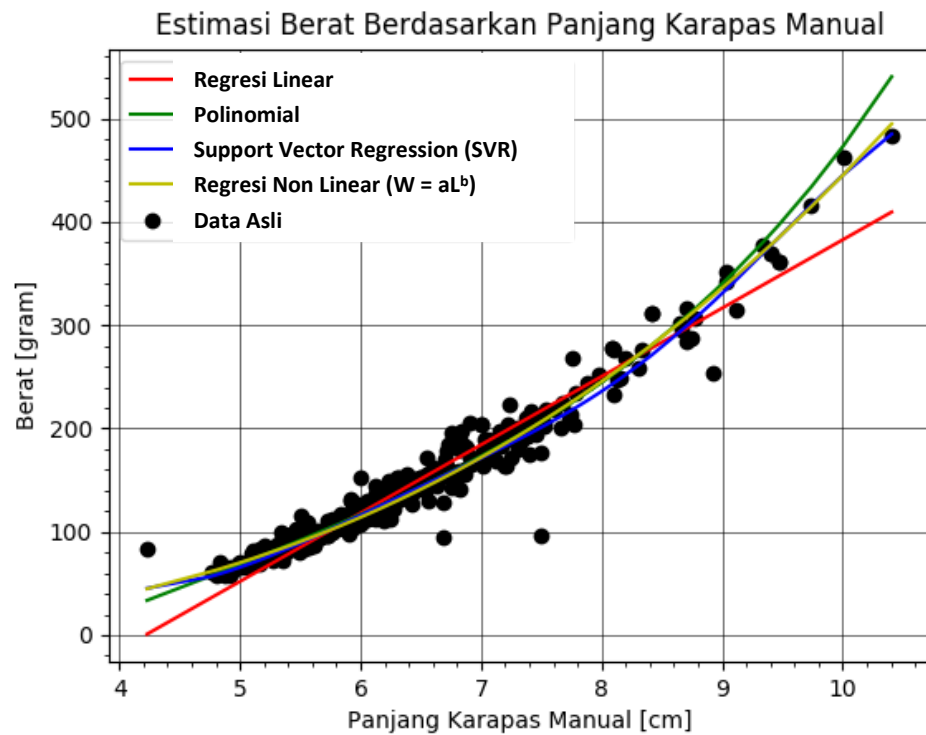
Hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dengan menggunakan metode SVR diperoleh dengan penggunaan parameter kernel RBF dengan nilai $C = 1000$ dan $\text{degree} = 3$ serta $\text{gamma} = 0,1$. Parameter terbaik tersebut diperoleh berdasarkan hasil dari algoritma *grid search* dengan nilai *score* sebesar 0,8509.

- Regresi Non Linear

Terakhir untuk penggunaan metode regresi non linear hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$W = 9,5857E^{-01} * L^{2,66664}$$

Berikut ini adalah grafik yang memperlihatkan hasil dari proses pengujian metode-metode diatas menggunakan 300 data uji yang telah dipersiapkan sebelumnya.



Gambar 52. Grafik Pengujian Panjang Karapas (Manual)

Berdasarkan dari grafik serta hasil serangkaian pengujian diatas, tabel dibawah ini memperlihatkan tingkat kinerja dari penggunaan metode-metode tersebut dalam proses estimasi berat dari setiap kepiting bakau.

Tabel 8. Pengujian Panjang Karapas (Manual)

Pengujian	Panjang Karapas (Manual)			
	Regresi Linear	Polinomial	SVR	Regresi Non Linear (W=aL ^b)
R²	0,9343	0,9530	0,9580	0,9559
MAE (gram)	12,3930	9,9346	9,6964	9,8479

8. Hasil Pengujian Fitur Lebar Karapas Pengukuran Langsung

Proses pelatihan sistem dengan menggunakan fitur lebar karapas keping bakau yang diperoleh secara manual dilakukan dengan menggunakan 700 data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya. Hasil dari proses pelatihan untuk sistem estimasi berat keping bakau tersebut adalah sebagai berikut.

- Regresi Linear

Proses pelatihan menunjukkan untuk metode regresi linear hasil terbaik dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$y = -322,01068 + 52,8466x$$

- Polinomial

Sedangkan untuk metode polinomial hasil terbaik estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan hingga derajat 4 dengan nilai *score* sebesar 0,9332. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut.

$$y = -84,8460 + 0,5666x + 5,8331x^2 - 0,6130x^3 + 0,0303x^4$$

- *Support Vector Regression* (SVR)

Hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dengan menggunakan metode SVR diperoleh dengan penggunaan parameter kernel RBF dengan nilai $C = 100$ dan $degree = 3$

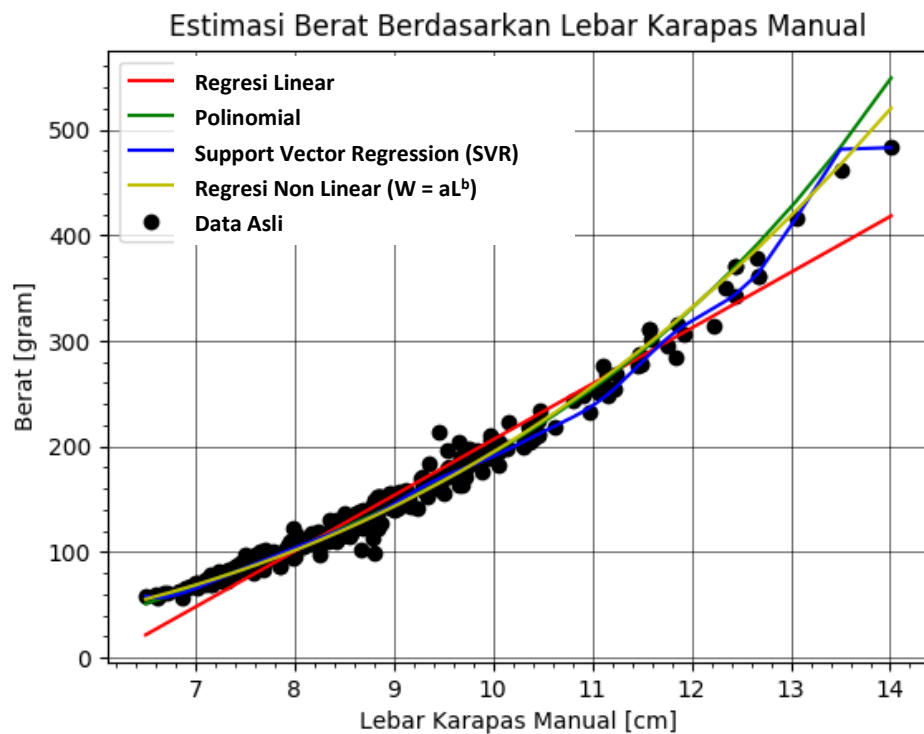
serta $\gamma = 1$. Parameter terbaik tersebut diperoleh berdasarkan hasil dari algoritma *grid search* dengan nilai *score* sebesar 0,9260.

- Regresi Non Linear

Terakhir untuk penggunaan metode regresi non linear hasil terbaik proses estimasi berat keping bakau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$W = 2,3511E^{-01} * L^{2,91782}$$

Berikut ini adalah grafik yang memperlihatkan hasil dari proses pengujian metode-metode diatas menggunakan 300 data uji yang telah dipersiapkan sebelumnya.



Gambar 53. Grafik Pengujian Lebar Karapas (Manual)

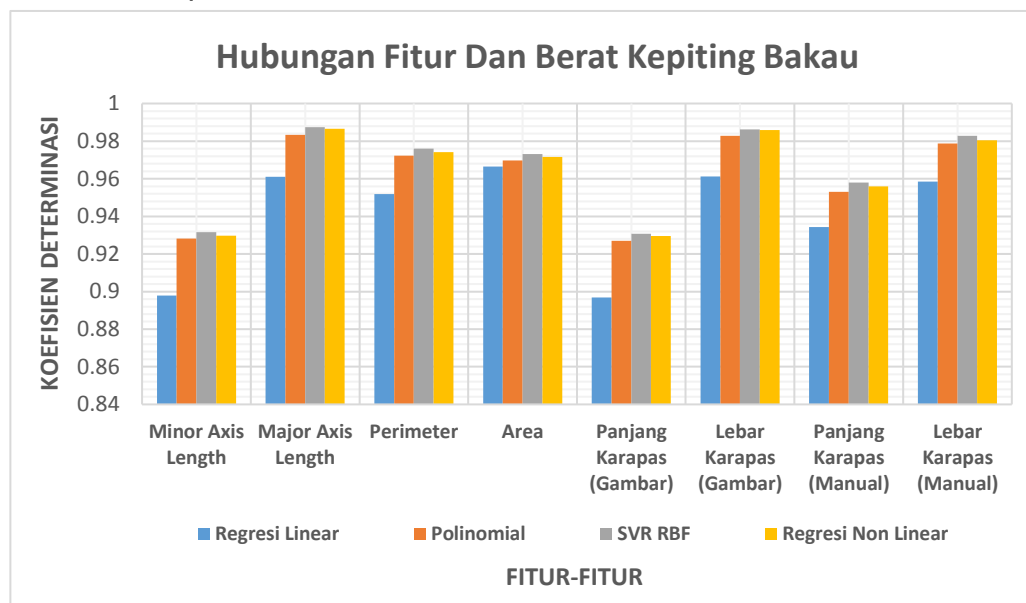
Berdasarkan dari grafik serta hasil serangkaian pengujian diatas, tabel dibawah ini memperlihatkan tingkat kinerja dari penggunaan metode-metode tersebut dalam proses estimasi berat dari setiap keping bakau

Tabel 9. Pengujian Lebar Karapas (Manual)

Pengujian	Lebar Karapas (Manual)			
	Regresi Linear	Polinomial	SVR	Regresi Non Linear ($W=aL^b$)
R²	0,9585	0,9787	0,9828	0,9805
MAE (gram)	11,0574	7,1396	6,6156	7,0565

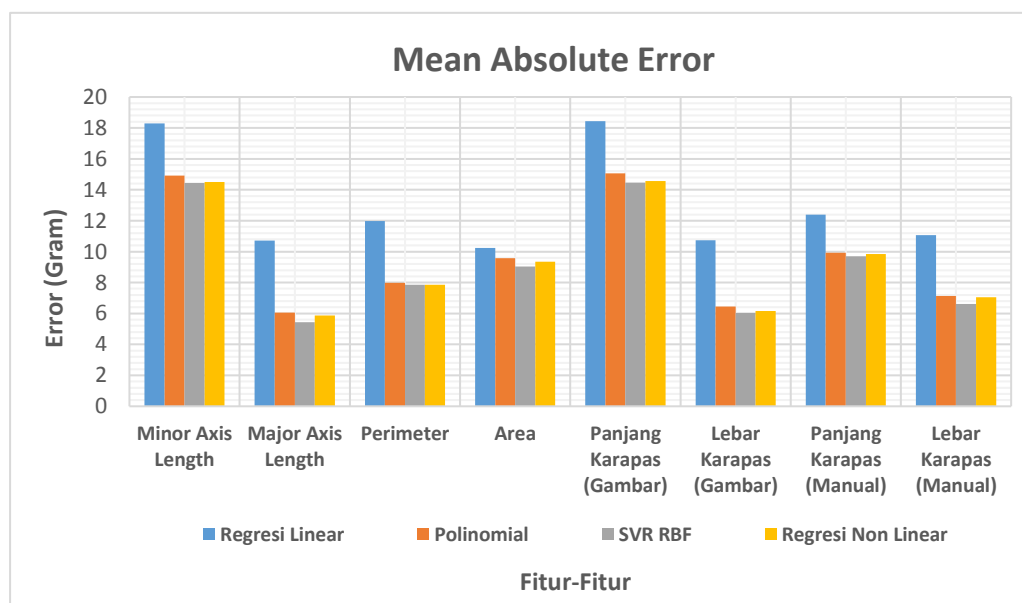
9. Kinerja Sistem Keseluruhan

Secara keseluruhan berikut ini adalah grafik yang menunjukkan perbandingan tingkat kinerja koefisiensi determinasi dari seluruh fitur-fitur dan metode estimasi berat keping bakau yang diusulkan di dalam penelitian ini.



Gambar 54. Grafik Perbandingan Koefisiensi Determinasi

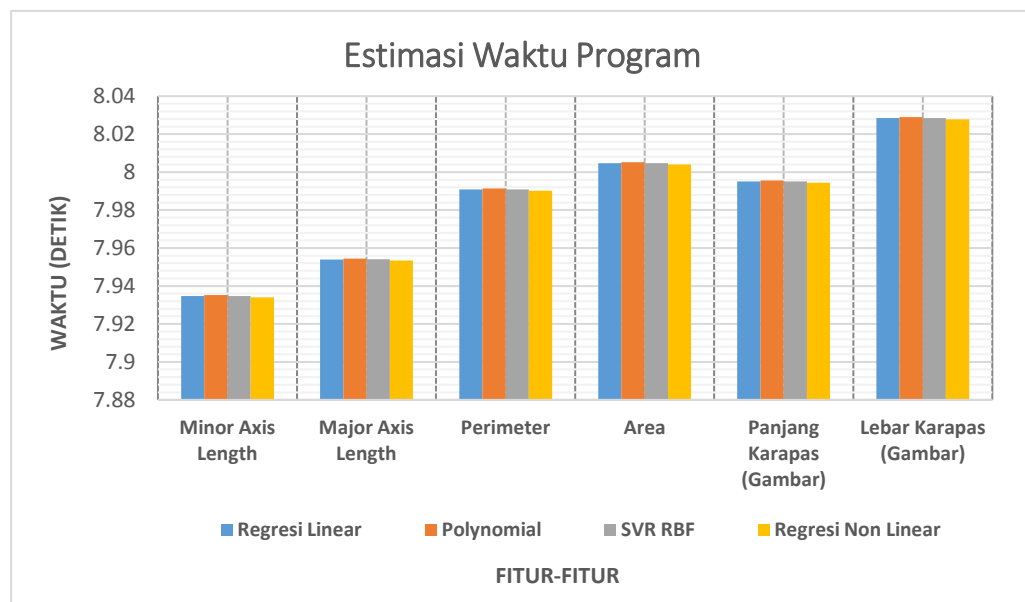
Dari grafik diatas terlihat bahwa fitur *major axis length* dengan penggunaan metode *support vector regression* (SVR) merupakan skenario yang terbaik dalam mengestimasi berat keping bakau. Hal ini terbukti dengan koefisiensi determinasinya yang sebesar 0,9874. Nilai tersebut menunjukkan bahwa fitur *major axis length* dan metode *support vector regression* memiliki hubungan yang sangat erat terhadap berat keping bakau yang sesungguhnya sehingga dapat digunakan pada sistem untuk mengestimasi berat keping bakau dengan hasil yang baik.



Gambar 55. Grafik Perbandingan MAE

Selain itu gambar 55 juga memperkuat bahwa skenario fitur *major axis length* dan metode *support vector regression* merupakan skenario yang terbaik dalam mengestimasi berat keping bakau. Hal ini terbukti dengan nilai *mean absolute error* yang terkecil diantara skenario yang lainnya yaitu sebesar 5,4330 gram. Nilai ini

menunjukkan bahwa skenario tersebut memiliki tingkat error yang terkecil dalam mengestimasi berat keping bakau. Tingkat error yang kecil memperlihatkan bahwa skenario ini menghasilkan estimasi berat keping bakau yang paling mendekati terhadap berat sesungguhnya dari keping bakau tersebut sehingga merupakan pilihan terbaik untuk digunakan. Sedangkan untuk pengujian waktu yang diperlukan oleh sistem dalam mengestimasi berat seekor keping bakau waktu tercepat diperoleh skenario fitur *minor axis length* dan metode regresi non linear yaitu sebesar 7,9340 detik dan waktu terlama diperoleh skenario fitur lebar karapas (gambar) dan metode polinomial yaitu sebesar 8,0289 detik. Akan tetapi perbedaan waktu tersebut tidak terlalu signifikan sehingga tidak berpengaruh terhadap kinerja sistem secara keseluruhan.



Gambar 56. Grafik Estimasi Waktu Program

Adapun kelemahan dari sistem ini secara keseluruhan adalah masih diperlukannya campur tangan manusia dalam mengoperasikan sistem ini. Campur tangan tersebut berupa proses seleksi *Region of Interest* (ROI) dari lokasi karapas kepiting bakau pada gambar yang masih dilakukan secara manual oleh manusia. Proses ini merupakan salah satu bagian dari tahapan segmentasi karapas kepiting bakau pada gambar yang diolah. Oleh karena itu kedepannya diperlukan penelitian lebih lanjut sehingga sistem ini nantinya dapat berkerja secara otomatis dalam mensegmentasi karapas kepiting bakau sehingga sistem dapat mengestimasi berat kepiting bakau tanpa perlu lagi adanya campur tangan dari manusia.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada sistem estimasi berat keping bakau dengan menggunakan pengolahan citra digital dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Berat setiap keping bakau dapat diestimasi secara cepat dan otomatis dengan menggunakan teknik pengolahan citra digital. Penggunaan algoritma BRISK dan FLANN pada ROI gambar dapat digunakan untuk proses segmentasi karapas keping bakau. Fitur-fitur seperti *minor axis length*, *major axis length*, *perimeter*, *area*, panjang dan lebar karapas keping bakau yang diperoleh dari citra dapat digunakan untuk mengestimasi berat keping bakau.
2. Tingkat kinerja terbaik pada sistem estimasi berat keping bakau menggunakan pengolahan citra digital yang diusulkan di dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan fitur *major axis length* serta metode *Support Vector Regression* (SVR) dengan parameter optimal yang digunakan yaitu kernel RBF, $C = 100$ dan $\text{degree} = 3$ serta $\text{gamma} = 0,001$. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan nilai koefisiensi determinasi sebesar 0,9874 dan *mean absolute error* sebesar 5,4330 gram serta waktu eksekusi sistem untuk mengolah gambar seekor keping bakau adalah sebesar 7,9540 detik.

B. SARAN

Saran untuk pengembangan dari penelitian ini kedepannya adalah sebaiknya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis dan jauh lebih cepat lagi dalam hal mensegmentasi karapas kepiting bakau. Sehingga sistem ini secara keseluruhan dapat mengestimasi berat dari setiap kepiting bakau tanpa perlu lagi adanya campur tangan dari manusia dalam setiap prosesnya. Selain itu diperlukan juga penelitian lebih lanjut untuk melihat hubungan antara fitur kepadatan daging kepiting bakau terhadap berat kepiting bakau sehingga sistem ini dapat lebih akurat lagi dalam mengestimasi berat setiap kepiting bakau. Diharapkan sistem ini kedepannya dapat diterapkan pada lokasi budidaya kepiting bakau sehingga dapat membantu para pelaku pembudidayaan kepiting bakau.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, M. 2008. "Pengaruh Jenis Dan Frekuensi Pemberian Pakan Terhadap Pertumbuhan Dan Moulting Kepiting Bakau Di Tambak." *PENA AKUATIK*.
- Balaban, Murat O., Melanie Chombeau, Dilşat Cirban, and Bahar Gümüş. 2010. "Prediction of the Weight of Alaskan Pollock Using Image Analysis." *Journal of Food Science* 75(8): 552–56.
- Damar, S et al. 2006. "Prediction of Oyster Volume and Weight Using Machine Vision." *Journal of aquatic food product technology* 15(4):3-15.
- Dangphonthong, Duangkamol, and Wasan Pinate. 2016. "Analysis of Weight Egg Using Image Processing 1." *Proceedings of Academics World 17 International Conference* (January): 55–57.
- Djunaedi, A, Subandiyono, Sarjito, and W. S Gunawan. 2000. "Pertumbuhan Kepiting Bakau *Scylla Serrata* Pada Budidaya Dengan Kepadatan Dan Jenis Yang Berbeda." *Ilmu Kelautan* 17: 62–65.
- Ghozali, Imam. 2012. *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 20*. Semarang: Badan Penerbit - Universitas Diponegoro.
- Gümüş, Bahar, and Murat O. Balaban. 2010. "Prediction of the Weight of Aquacultured Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) by Image Analysis." *Journal of Aquatic Food Product Technology* 19(3–4): 227–37.
- Indonesia, Republik. 2016. "Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan No. 56 Tahun 2016 Tentang Larangan Dan/Atau Pengeluaran LOBSTER, Kepiting Dan Rajungan Dari Wilayah Negara Republik Indonesia." : 1–8.
- Javadikia, Payam et al. 2011. "Measuring The Weight of Egg With Image Processing and ANFIS Model." *Springer-Verlag Berlin Heidelberg* 9873(December). <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-48959-9>.
- Karim, M. Y. 2005. *Kinerja Pertumbuhan Kepiting Bakau Betina (Scylla Serrata Forsskal) Pada Berbagai Salinitass Media Dan Evaluasinya Pada Salinitas Optimum Dengan Kadar Protein Pakan Berbeda*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kordi, K. 2007. *Budidaya Kepiting Bakau (Pembenihan, Pembesaran Dan Penggemukan)*. Semarang: Aneka Ilmu.
- Lutenegger, Stefan, Margarita Chli, and Roland Siegwart. 2011. "BRISK Binary Robust Invariant Scalable Keypoints." *ETH Zurich Research Collection*: 12–19.

- Mutasya, Nur, Biha Din, Simon Kumar Das, and Yosni Bakar. 2017. "Carapace Width-Weight Relationship of the Mud Crab (*Scylla Tranquebarica* Fabricius , 1798) from the Waters of Peninsular Malaysia." *Indian Journal of Geo Marine Sciences* 46(August): 1667–72.
- Niswar, Muhammad, Zahir Zainuddin, Yushinta Fujaya, and Zagita Marna Putra. 2017. "An Automated Feeding System for Soft Shell Crab." *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 5(3): 564–68.
- Nurlaila Ervina Herliany, Zamdial. 2015. "Hubungan Lebar Karapas Dan Berat Kepiting Bakau (*Scylla* Spp) Hasil Tangkapan Di Desa Kahyapu Pulau Enggano." *Jurnal Kelautan* 8(2): 89–94.
- Pan, Peng-min et al. 2009. "Prediction of Shelled Shrimp Weight by Machine Vision." *Journal of Zhejiang University SCIENCE B* 10(8): 589–94. <http://www.springerlink.com/index/10.1631/jzus.B0820364>.
- Rukmini. 2007. "Prospect and Technology on Rearing of Mud Crab (*Scylla* Spp)."
- Sanjoyo Adi, Puspaningtyas, Sri Wijono, and Silverio Sampurno. 2015. "Pengujian Algoritma Pendeteksi Gambar Situs Candi Pada Aplikasi Android." *Seminar Nasional Teknologi Terapan*.
- Soim, Ahmad. 1995. *Pembesaran Kepiting*. 2nd ed. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Tania, Ken Ditha, and Aniaty Murni Arymurthy. 2010. *TATTOO RECOGNITION BASED ON SPEED UP WITH ROBUST FEATURES (SURF)*. Palembang.
- Thirunavukkarasu, N, and a Shanmugam. 2011. "Length-Weight and Width-Weight Relationships of Mud Crab *Scylla Tranquebarica* (Fabricius, 1798)." *European Journal of Applied Sciences* 3(2): 67–70.
- Walpole, Ronald. 1995. *Pengantar Statistika*. 3rd ed. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yusrudin. 2016. "Analisis Beberapa Aspek Biologi Kepiting Bakau (*Scylla Serrata*) Di Perairan Sukolilo, Pantai Timur Surabaya." (2011): 6–11.

LAMPIRAN