

Robot Perahu Pengangkut Sampah Berbasis Pengolahan Citra

Garbage Carrier Roboat Based On Image Processing

Ketut Abimanyu^{1,*}, Saeful Rohman²

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sangga Buana

Jl. PH.H. Mustofa No.68, Cikutra, Cibeunying Kidul, Kota Bandung, Jawa Barat 40124

² Program Studi Teknik Elektro, Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipati Ukur No.112-116, Lebakgede, Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132

*Email : ketut.abimanyu@usbypkp.ac.id

Abstrak - Penelitian ini menjelaskan tentang robot *autonomous* pengangkut sampah. Tujuan dari dibuatnya robot ini adalah mengurangi sampah yang banyak terdapat di permukaan-permukaan sungai. Indonesia adalah negara kepulauan, negara ini didominasi oleh lautan sebagai tempat bermuaranya sungai, namun banyak sumber daya yang dihasilkan dari laut sudah tercemar akibat hasil bawaan sungai yang kotor dan penuh sampah. Maka dengan dibuatnya robot ini diharapkan dapat meminimalisir pencemaran tersebut. Rupa dari robot ini adalah sebuah perahu yang dapat beroperasi di sungai dan daerah perairan yang masih memungkinkan robot ini untuk bisa beroperasi. Robot ini menggunakan *motor brushless* untuk bergerak di permukaan air dan *electronic speed control* untuk mengontrol kecepatan *motor brushless* dengan metode pengaturan PWM, untuk system navigasi digunakan sensor ultrasonic HC5409 yang mendeteksi setiap halangan yang ada sehingga menghindari terjadinya tabrakan, lalu diterapkan teknik *image processing* atau pengolahan citra untuk mendeteksi sampah pada permukaan air. Teknik *image processing* ini menggunakan metode ekstraksi warna, metode *Morphology*, dan metode *Threshold*. Program Matlab R2012a merupakan aplikasi yang digunakan untuk memproses teknik *image processing* ini. Secara garis besar proses kerja dari robot perahu ini yaitu, pertama robot bernavigasi mencari objek sampah dengan pendeteksian menggunakan *image processing*, Jika sampah terdeteksi, robot akan bermanuver dan mengaktifkan motor *brushless* dengan algoritma *manuever* sampah, instruksi dikirim dari mikrokontroler pada Arduino Mega 2560, robot mendekati objek sampah dan mejaringnya. Terdapat dua objek sampah yang ditentukan, yaitu styrefoam dan botol biru, Perahu ini dapat melakukan eksekusi manuever maju, kanan dan kiri dengan peresentasi keberhasilan mencapai 80-90%. Keunggulan perahu ini adalah Objek sampah dapat dideteksi dari berbagai arah dan beroperasi secara semi otomatis .

Kata kunci : MATLAB, *Image processing*, Motor brushless, Arduino Mega 2560, manuever

Abstract - This research explain about garbage carrier roboat. the purpose of making this robot is to reduce the trash found on river surfaces. Indonesia is an archipelagic country, this country dominated by ocean as rives estuary, however many of the resources produced from the sea have been polluted due to dirty and full of garbage from the river, so with the creation of this robot, it is expected to minimize the pollution. The shape of this robot is a boat that can operate in rivers and waters that still allows this robot to operate. This robot uses a brushless motor to move on the surface of the water and electronic speed control to control the brusless motor speed with the PWM setting method, for the navigation system the HC5409 ultrasonic sensor is used to detect any obstacles that avoid collisions, then image processing techniques are applied to detect garbage on the surface of the water. This image processing technique uses color extraction methods, Morphology methods, and Threshol methods. The Matlab R2012a program is an application used to process this image processing technique. In sum, the working process of this boat robot is, first, the navigating robot looks for garbage objects by detecting it using image processing. If garbage is detected, the robot will manuever and activate brushless motors with garbage manuever algorithms, instructions sent from the microcontroller to Arduino Mega 2560, the robot approaches garbage object and crawl it. There are two garbage objects determined, namely styrefoam and a blue bottle, this boat can execute advanced, right and left manuevers with the percentage of success reaching 80-90%. This boat have some advantages and that are garbage objects can detected from various directions and operate semi-automatically.

Keywords : MATLAB, *Image processing*, Motor brushless, Arduino Mega 2560, manuever .

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bencana alam selalu terjadi setiap tahunnya terutama bencana banjir, baik secara faktor alam seperti tingginya curah hujan, rendahnya permukaan tanah maupun factor manusia yang lalai dalam menjaga alam [1]. Banjir sangat merugikan manusia, tergenangnya tempat tinggal beserta parabotan atau barang-barang berharga membuat kerugian dari sisi ekonomi, penjualan property di daerah yang sering terkena banjir mengalami penurunan persentase penjualan dibandingkan dengan daerah yang tidak terkena banjir[2]. Banjir juga membawa sampah yang menjadi penyebab terjadinya banjir itu sendiri, masalah sampah ini menjadi penyebab pencemaran lingkungan, sampah-sampah yang tergenang menjadi sumber penyakit dan dapat menurunkan kualitas air, jika dikonsumsi, maka tingkat kesehatan manusia akan terancam, imbasnya tidak hanya manusia yang tinggal di daerah pinggiran saja, namun juga manusia yang tinggal di daerah perkotaan. Sampah yang berasal dari rumah tangga dan limbah pabrik merupakan sampah yang sering menjadi penyebab banjir, sampah-sampah rumah tangga baik itu organik maupun non organik plastic, styrofoam, kulit buah, kemasan makanan adalah contohnya, beberapa dapat di daur ulang menjadi barang yang mempunyai nilai, namun ada beberapa yang tidak seperti botol plastic dan styerofeam, sampah seperti inilah yang mencemari sungai dan menyumbat aliran sungai sehingga terjadilah banjir.

Sampah juga menjadi penyebab lautan dan sumber dayanya menjadi tercemar, mengingat bahwa laut merupakan tempat sungai bermuara. Menurut penelitian polusi plastik di lautan dunia lebih dari 5 triliun keping plastik dengan berat lebih dari 250.000 ton mengapung di laut. Contoh sampah pada aliran sungai terdapat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Sampah di sungai

B. State Of Art

Menanggapi masalah sampah tersebut, pembersihan secara manual oleh manusia memakan waktu dan tenaga yang lebih banyak, dan tentu saja biaya yang dikeluarkan tidak sedikit, belum lagi kemungkinan terjadinya *human error* dan kecelakaan kerja menambah ketidakefektifisan pembersihan sampah menggunakan metode tersebut, maka dari itu perlu dirancang suatu system pembersih sampah yang bekerja secara otomatis dan dapat meningkatkan hasil kerja. Beberapa penelitian mengenai suatu system otomatis untuk membersihkan sampah telah dilakukan, namun tentu saja setiap penelitian memiliki kekurangan dan kelebihan serta dapat dibandingkan penelitian yang satu dengan yang lainnya.

Empat mahasiswa Universitas Negeri Yogyakarta (UNY), yaitu Herdyanta Septian Putra, Febrian Erwin, Robertus Kurnianto, dan Slamet riyanto, melakukan pengembangan rancang bangun alat inovasi. Alat ini berupa bak dan jaring pengangkut sampah yang diletakan di tengah, terdapat sensor pada alat tersebut untuk mendeteksi sampah, sampah yang terdeteksi kemudian akan terjaring, setelah terjaring, sampah akan diangkut dan dipindahkan ke sisi sungai dan dimasukkan ke bak sampah, menurut slamet, alat ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu motor listrik sebagai penggerak, pengendali berbasis mikrokontroler, dan bak sampah, Penelitian ini, sudah bekerja secara otomatis namun hanya diam di satu titik dan tidak bisa *mobile*, Sedangkan untuk pembersihan sampah di sungai berskala luas akan lebih efektif jika menggunakan suatu alat yang bisa bernavigasi dan *mobile* dalam mencari dan membersihkan sampah.

Telah dilakukan penelitian tentang suatu alat yang dapat *mobile* dan bernavigasi di permukaan air, alat ini adalah suatu robot berupa perahu, robot ini lebih dikenal dengan sebutan *unmanned surface vehicles (USV)*, Sesuai namanya, mereka beroperasi di permukaan air tanpa operator dan memungkinkan mode baru operasi. Penentuan *global positioning system (GPS)* telah menjadi lebih baik, efektif dan jarak yang lebih terjangkau, hal ini membuat kemampuan kendaraan permukaan tanpa awak menjadi lebih mampu. Jenis ini mulai dikembangkan di Indonesia dan merupakan wahana baru. Saat ini robot *unmanned surface sistem (USV)* telah dikembangkan dan didemonstrasikan oleh perusahaan, laboratorium akademik, dan pemerintahan, tujuannya mencakup sains, pertahanan, pemetaan batimetri dan penelitian robot umum. Contoh robot autonomus

yang beroperasi di permukaan air terdapat di **Gambar 2.**



Gambar 2. Roboboat autonomous

Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak adanya fitur pengangkut sampah pada robot, robot hanya dapat bernavigasi dan menghindari suatu halangan atau *obstacle* dengan menggunakan sensor tertentu. Untuk bernavigasi dan menghindari halang rintang medan yang sulit sebuah robot, diperlukan setidaknya beberapa sensor redundan yang meliputi encoder pada roda, unit pengukuran inersia, perbandingan *global positioning system* (GPS) dan empat sensor pemindai laser [3]. Penggunaannya pada operasi pembersihan sungai tentu tidak akan efektif karena robot ini tidak dapat mengambil sampah.

Berbeda dengan penelitian robot perahu lainnya, robot sudah dilengkapi fitur *image processing* untuk mendeteksi suatu objek pada permukaan air, seperti rancang bangun navigasi *mobile robot* dan rancang bangun robot *boat* navigasi tanpa awak, robot dapat melakukan pekerjaan lebih karena sudah dilengkapi pendeteksian objek menggunakan teknik *image processing*. Namun tetap saja robot ini belum memiliki fitur pengangkutan sampah, yang artinya robot dapat beroperasi hanya sebatas navigasi dan pendeteksian objek saja, masih belum efektif untuk operasi pembersihan sungai.

Pada penelitian lainnya tepatnya di daerah Chicago, Amerika Serikat terdapat permasalahan yang sama mengenai sampah yang banyak ditemukan di sungai. Perancangan sebuah robot yang dinamakan Urban River menjadikan sebuah solusi. Robot Urban River masih tergolong kurang menyematkan teknologi yang dibutuhkan. Robot ini masih dikendalikan menggunakan pengontrol dari jarak jauh menggunakan teknologi wifi. Dengan penyematkan teknologi GPS yang mereka gunakan menjadikan nilai lebih robot tersebut dikarenakan posisi robot tersebut diketahui dengan mudah.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, perancangan suatu alat untuk membersihkan secara efektif berupa robot perahu dengan pendeteksian sampah menggunakan *image processing* dan sudah dilengkapi dengan fitur pengangkut sampah. Dalam bernavigasi, ditempatkan sensor jarak hc-405 pada sisi kiri dan kanan untuk mendeteksi tembok dan melakukan eksekusi menghindar, berhenti atau menjauh sesuai dengan program yang dimasukkan, eksekusi dilakukan oleh actuator *motor brushless* dan *electronic speed control* sebagai pengatur kecepatannya. Dari sisi monitoring, robot mendeteksi sampah menggunakan teknik *image processing* sebagai sebagai indra penglihatan dari robot perahu ini,. Program Matlab r2012a merupakan program yang memproses Teknik *image processing* pada robot ini. Dengan bantuan aplikasi matlab yang merupakan sebuah aplikasi *komputasi numerical* yang dikembangkan oleh MathWorks memiliki varian prediktor-korektor yang disertakan [4]. Adanya informasi visual yang dapat menentukan keberadaan objek tersebut yang dapat berinteraksi dengan manipulator robot [5] seperti pengolahan citra sendiri merupakan sebuah bentuk kemajuan dari sebuah teknologi.

C. Tujuan

Dalam segi fungsional robot perahu mampu mengangkut sampah secara efisien dibanding dengan tenaga manusia pada umumnya. Perancangan robot perahu ini bisa dikembangkan lebih detail untuk dapat mendeteksi lebih banyak jenis sampah atau sampah organik yang lebih *spesifikasi* lagi seperti sampah organik atau anorganik.

Penelitian ini memiliki tujuan, pertama ialah menggunakan teknik *image processing* untuk mendeteksi objek sampah yang telah ditentukan. Kemudian yang kedua membuat suatu system algoritma dimana objek sampah hasil *image processing* akan membuat suatu objek dapat dikenali apakah objek tersebut berupa sampah yang sudah ditentukan atau bukan, lalu perahu bermanuever menuju objek sampah tersebut. Ketiga merancang perahu untuk bermanuever dengan objek yang dideteksi melalui teknik *image processing* yang kemudian robot tersebut akan menghampiri objek sampah yang berada dipermukaan air tersebut lalu mengangkutnya.

II. METODE DAN PERANCANGAN

A. Perancangan Sistem

Gambaran dasar dari sistem yang akan dirancang disajikan dalam suatu blok diagram, setiap bagian pada blok diagram memiliki fungsi masing-masing, dengan memahami gambar blok diagram maka sistem yang akan dirancang sudah dapat dikenali dengan baik. Adapun gambaran dari blok diagram sistem yang akan dirancang terdapat pada **Gambar 3**.

1. Webcam
Webcam merupakan mata pada robot, yakni sebagai pendeteksi objek sampah yang kemudian di proses dengan *image processing*
2. Sensor ultrasonic
Sensor mendeteksi setiap halangan yang ada, data sensor dikirim ke mikro untuk diproses
3. Mikrokontroler
Merupakan otak dari robot, semua instruksi dikirim dari mikrokontroler .
4. Notebook
Dengan menggunakan MATLAB, objek yang tertangkap akan di proses di notebook.
5. *Electronic Speed Control* (ESC) 1
Berfungsi untuk mensuplai arus dan mengontrol kecepatan motor *brushless* 1.
6. ESC 2
Berfungsi untuk mensuplai arus dan mengontrol kecepatan motor *brushless* 2.
7. Baterai 1
Berfungsi untuk mensuplai arus dan voltase pada ESC 1.
8. Baterai 2
Berfungsi untuk mensuplai arus dan voltase pada ESC 2.
9. Motor Brushless 1
Merupakan actuator penggerak pada robot, kecepatannya dikontrol oleh ESC 1.

10. Motor Brushless 2

Merupakan actuator penggerak pada robot, kecepatannya dikontrol oleh ESC 2. Ditambahkannya motor ini agar robot perahu dapat berjalan dengan tenaga yang lebih kuat dengan pergerakan yang seimbang .

11. *Liquid Crystal Display* (LCD) 2x16

Berfungsi untuk menampilkan nilai dari data kompas dan menampilkan pulsa motor kiri dan motor kanan, data akan ditampilkan dalam 2 baris dan 16 kolom huruf pada LCD.

Dalam perancangan sistem, terdapat beberapa metode dan penerapan ilmu teknologi yang berhubungan dengan *image processing*. Dibawah ini dijelaskan metode dan penerapan ilmu apa saja yang digunakan pada sistem ini.

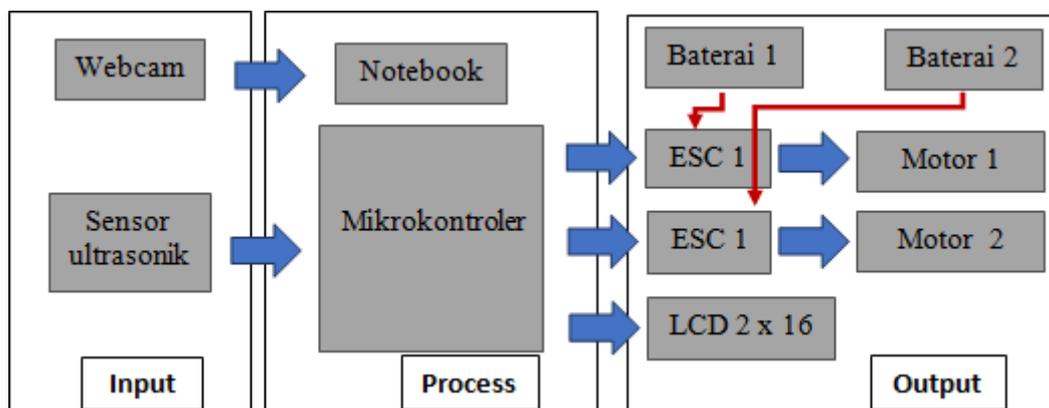
1. Metode Threshold image processing

Salah satu metode untuk memisahkan citra dari nilai derajat keabuan menjadi nilai biner (hitam putih) adalah metode *threshold*. Metode segmentasi *threshold* diterapkan secara luas dalam segmentasi gambar, metode ini mengasumsikan bahwa objek berbeda dalam gambar dapat dibedakan dengan nilai abu-abu dan kunci untuk metode ini adalah cara menentukan ambang batas [6]. Metode *threshold* awalnya hanya memisahkan derajat keabuan, hasil pemisahan bisa lebih bervariasi, yaitu warna citra hasil pemisahan lebih bergam dengan menggunakan software MATLAB. Metode *threshold* $g(x,y)$ pada Citra memiliki persamaan :

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{Jika } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{Jika } f(x,y) < T \end{cases} \quad (1)$$

dengan $T = \text{Threshold}$

$f(x,y) \geq T$ disebut *object point*



Gambar 3. Blok diagram system

Pada gambar citra asli, pertama-tama dilakukan proses *threshold*. Contoh citra asli bisa dilihat di **Gambar 4**.



Gambar 4. Citra asli

Gambar hasil image processing citra RGB pada MATLAB menjadi berwarna hitam putih dan tidak memiliki warna lainnya. Hasil proses bisa terdapat pada pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Citra setelah proses thresholding

2. Ekstrasi Warna

Saat ini pemanfaatan bentuk 3D dan tekstur warna telah meningkat [7]. Dengan menggunakan proyeksi pola tepi permukaan objek, dapat diekstraksi informasi tekstur warna objek tersebut [8]. Hasil ekstraksi kemudian jadi ciri suatu objek dan menjadi pembeda antara objek satu dengan objek lainnya, ciri tersebut dijadikan parameter suatu perbandingan agar dapat mengenali objek mana yang dipilih untuk tahap klasifikasi. Untuk memilih warna yang akan diproses, terdapat suatu kode untuk memanggilnya, yaitu :

1. `blue=gambar(:,:,3);` % kode untuk matriks gambar dengan isi piksel berwarna biru saja
2. `red=gambar(:,:,1);` % kode untuk matriks gambar dengan isi piksel berwarna merah.
3. `green=gambar(:,:,2);` % kode untuk matriks gambar dengan isi piksel berwarna hijau saja.

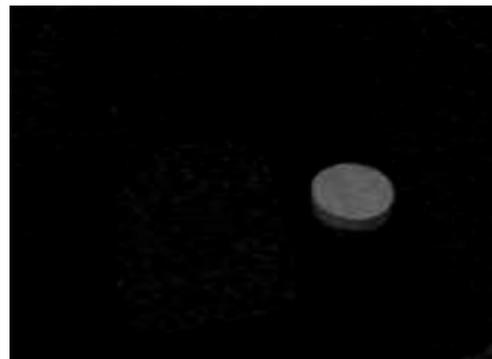
Sebelum dilakukan ekstrasi gambar masih menampilkan objek-objek disekitarnya, pun warna objek tersebut, sebagai contoh dicantumkan

gambar citra asli sebelum dilakukanya proses ekstrasi. Dan contoh gambar terdapat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Citra asli untuk ekstrasi

Lalu setelah hasil ekstrasi gambar hanya akan menampilkan objek yang diekstrasi saja, objek yang lainnya dihapuskan dari gambar. Contoh gambar setelah ekstrasi pada warna terdapat pada **Gambar 7**.



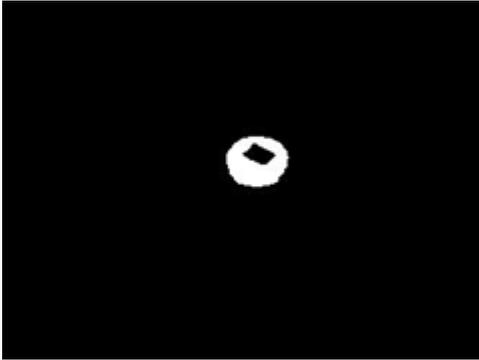
Gambar 7. Proses setelah ekstrasi pada warna biru

3. Morphology

Bentuk dari suatu objek menjadi pedoman dalam *image processing*, *morphology* merupakan metode dalam *image processing*. Suatu citra memiliki nilai pada setiap pixel dalam citra digital, pixel tersebut diperoleh dari perbandingan antara pixel yang sesuai pada citra masukan dengan pixel disekitarnya. Matematika morfologi dapat mengenali set pixel seperti putih dalam gambar biner yang mewakili morfologi lengkap dari suatu gambar [9]. Beberapa operasi *morphology* dilakukan pada sistem pendeteksian ini.

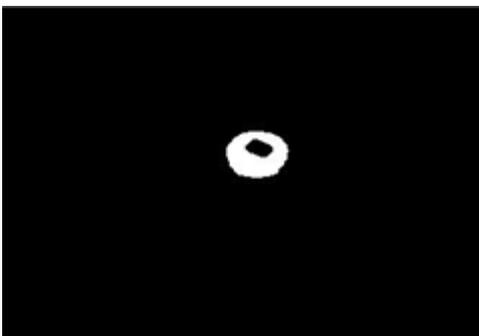
1) Penutupan (Closing)

Target gambar yang telah ditangkap webcam masih terdapat *noise* disekitarnya. Proses ini berfungsi untuk menghilangkan *noise* tersebut, setelah *noise*, proses selanjutnya adalah menghaluskan tepian target dari hasil pengolahan citra. Contoh Citra sebelum proses closing bisa dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. hasil *threshold* pada citra sebelum *closing*

Proses *threshold* sebelum proses *closing* yang telah dilewati menjadikan gambar menjadi lebih halus, sisi bulatan yang Kasar menjadi lebih rapih. Contoh Citra sesudah proses *closing* bisa dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil setelah proses *closing*

Perbandingan Gambar 8 dan 9 merupakan perbandingan gambar sebelum proses *closing* dan gambar setelah proses *closing*. Sebelum proses *closing*, tepian target pada gambar masih terdapat banyak *noise*, *noise* pada tepian target tersebut dihilangkan setelah proses *closing*, sehingga tepian pada target terlihat lebih halus. Penutupan satu set (citra biner) A oleh penataan elemen B adalah erosi pelebaran set itu, persamaanya adalah :

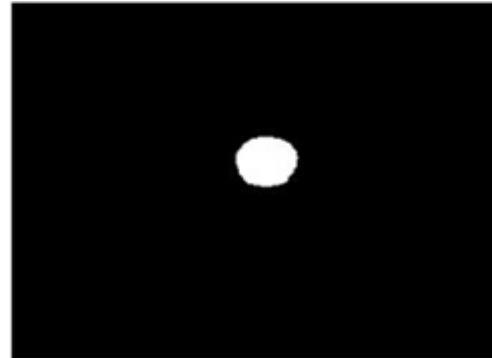
$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B, \quad (2)$$

Simbol \oplus dan \ominus adalah erosi dan pelebaran pada masing-masing gambar. Dalam *image processing*, pembukaan memiliki nilai yang sama dengan penutupan, metode ini merupakan dasar dari penghapusan kebisingan morfologi. Pembukaan menghilangkan benda-benda kecil, dan penutupan menghilangkan lubang-lubang kecil

2) *Pengisian (Filling)*

Kepadatan pada Bagian dalam atau tengah target masih belum sempurna, proses ini menutupi keketidaksempurnaan tersebut,

hasilnya didapatlah segmen target yang lebih solid dan tidak berlubang. Contoh citra hasil proses *filling* terdapat pada Gambar 10.



Gambar 10. Citra hasil proses *filling*

Setelah dilakukan proses *filling*, lubang-lubang pada gambar tertutupi dengan sempurna, dengan proses ini objek dapat terlihat sepenuhnya dan menghasilkan gambar yang lebih baik. Rumus untuk proses *filling* adalah :

$$f_m(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) \text{ is a border} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

if (x, y) adalah border f lainnya

Pemilihan mask citra dan marker menjadi penentu pada setiap aplikasi. Posisi border citra di set menjadi $1 - f$, selain border citra setiap tempat di set 0 oleh Citra f_m .

B. Perancangan Mekanik Perahu

Jenis dari perahu yang akan dirancang yaitu berjenis monohull, dimana jenis monohull perahu memiliki kelebihan dalam bermaneuver yang cepat yang kemudian dimodifikasi dengan pemberi tambahan jaring sampah untuk menjaring sampah di air. Ukuran maksimal panjang keseluruhan = 85 cm, maksimal tinggi = 30 cm, dan maksimal lebar = 35 cm., Sedangkan batas berat adalah 15 kg. Contoh gambar dari perahu yang telah dirancang dan penempatan propeller terdapat pada Gambar 11.



Gambar 11. Penempatan propeller

Setelah penempatan propeller, bagian selanjutnya adalah pendempulan bagian bawah. Pendempulan bagian bawah ditunjukkan pada **Gambar 12**.



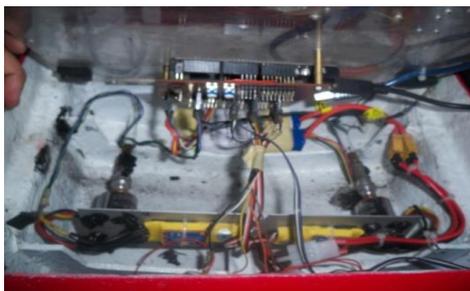
Gambar 12. Tampak bawah proses pendempulan

Selain bagian bawah, bagian atas perahu juga juga dilakukan pendempulan. Pendempulan bagian atas ditunjukkan pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Tampak atas proses pendempulan

Tahap selanjutnya adalah penempatan komponen pada bagian bawah perahu. Penempatan komponen bawah ditunjukkan pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Penempatan komponen

Tahap pendempulan dan penempatan komponen telah selesai, bagian selanjutnya adalah tahap finishing, yaitu berupa pemolesan dan menyatukan semua bagian pada badan perahu. Kini robot perahu telah siap untuk diprogram. Tampilan perahu dari samping ditunjukkan pada **Gambar 15** dan tampilan perahu dari depan ditunjukkan pada **Gambar 16**.



Gambar 15. Perahu tampak samping



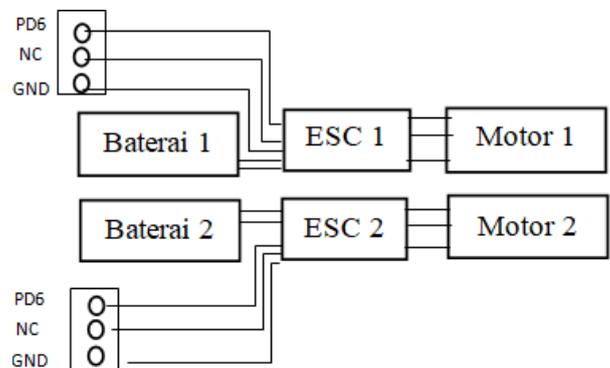
Gambar 16. Perahu tampak depan

C. Perancangan *Hardware*

Selain *software*, robot ini tersusun dari beberapa *hardware*. Perancangan hardware pada robot ini meliputi perancangan sensor HC-SR04, ESC, LCD 2x16, mikrokontroler arduino mega dan kamera webcam.

1. *Electronic Speed Control (ESC)*

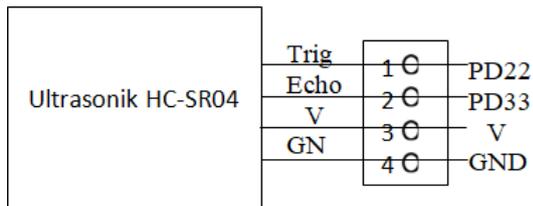
Pada robot ini ESC berfungsi untuk mengontrol kecepatan motor brushless dengan pengaturan sinyal PWM (Pulse While Modulation) dari mikrokontroler, semakin lebar pulsa yang dikirim, kecepatan motor semakin meningkat. Jenis ESC yang digunakan dalam perancangan ini adalah ESC *Brushless Pro 30A*. Suplai tenaga untuk ESC didapat dari baterai *Lithium Polimer*, suplai yang dikirim sebesar 11.4 V. Skematik dan konfigurasi pin konektor ESC, catu daya dan brushless ditunjukkan pada **Gambar 17**.



Gambar 17. Skematik konektor ESC, motor dan catu daya

2. Sensor Ultrasonik HC-SR04

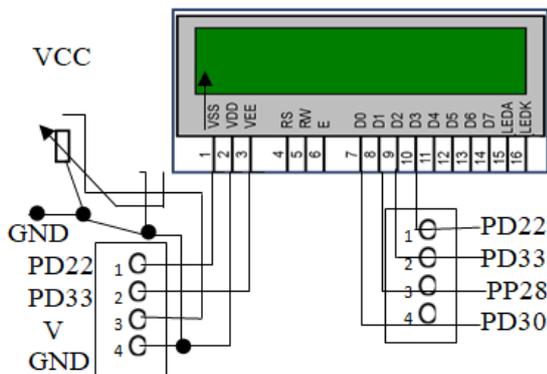
Sensor Ultrasonik HC-SR04 digunakan dalam perancangan ini sebagai pendeteksi halangan yang terpasang disisi sebelah kiri net. Sensor ini terhubung dengan mikrokontroller sebagai aksi untuk penggerakan aktuator motor *brushless* untuk menghindari halangan. Dengan ini mengurangi resiko perahu terbentur dengan halangandisisi kiri dan kananya. konfigurasi dari konektor motor servo di tunjukan pada **Gambar 18**.



Gambar 18. Skematik konektor sensor ultrasonic

3. LCD 2x16

Pada perancangan ini, digunakan LCD 2x16 untuk menampilkan karakter sebagai indicator dari data yang dikirimkan mikrokontroller, data yang dikirimkan berupa data pulsa motor dan data kompas, data tersebut ditampilkan dalam indicator pada LCD 2x16 untuk mempermudah pembacaan arah dan kecepatan motor. Skematik rangkaian LCD terdapat pada **Gambar 19**.

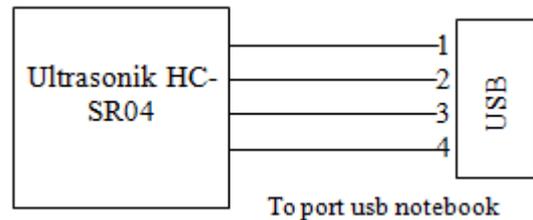


Gambar 19. Skematik rangkaian LCD 2x16

4. Kamera Webcam C310

Dalam mendeteksi setiap objek pada permukaan air, digunakan *webcam* C310 pada perancangan, gambar/citra analog akan diolah menjadi citra digital, saat ini kamera mengalami peningkatan kerja berkecepatan tinggi dan penyimpan data yang makin besar, kamera yang bekerja secara otomatis dalam teknik *image processing* untuk menganalisis semua data sangat krusial, tanpa adanya validasi dari manusia [10]. Melalui USB port,

webcam disambungkan dengan perangkat PC/notebook untuk pengolahan gambar yang ditangkap, Pengolahan gambar dilakukan menggunakan *software* MATLAB R2012a. Anilisis terkomputerisasi dapat memberikan pengukuran objektif dan kuantitatif dengan hasil yang tinggi.[11] konfigurasi dari kamera *webcam* C310 dapat dilihat pada **Gambar 20**.



Gambar 20. Skematik konektor USB kamera webcam

5. Mikrokontroler Arduino Mega

Pada perancangan ini, mikrokontroler arduino mega merupakan otak yang berfungsi untuk melakukan semua perhitungan dan memberi instruksi ke seluruh bagian robot. Jalur komunikasi dengan perangkat luar yaitu PC/notebook menggunakan fasilitas USB pada mikro Arduino mega.

Bahasa C merupakan Bahasa pemrograman yang digunakan untuk memberi program pada robot, *software* editor yang digunakan untuk bahasa pemrograman C adalah *software* arduino v1.0.6. *Hardware* dan *software* arduino adalah tipe *open source*, artinya tiap pengguna dapat membuat *clone* atau tiruan dari mikro ini. Contoh Arduino Mega terdapat pada **Gambar 21**.



Gambar 21. Gambar arduino mega rev3

Pin pada mikrokontroler arduino disambungkan ke setiap komponen pada robot perahu ini. Konfigurasi pin mikrokontroller arduino mega dalam perancangan ini terdapat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Alokasi pin mikrokontroler arduino mega yang digunakan

Nama Pin Arduino	No Pin	Fungsi	Keterangan
Digital PWM	12	Output	(PD6) ESC1
Digital PWM	13	Output	(PD7) ESC2
Power	5 V	Output	Vdd / +5
Power	Gnd	Output	Backlight(LCD) Vss / R/W / GND
Power	5 V	Output	Backlight(LCD) (5 V)
Power	Gnd	Output	Ultrasonik HC-SR04 (Gnd)
Power	Gnd	Output	Ultrasonik HC-SR04
I/O(PD24)	25	Output/Input	DB7(LCD)
I/O(PD26)	27	Output/Input	DB6(LCD)
I/O(PD28)	29	Output/Input	DB5(LCD)
I/O(PD30)	31	Output/Input	DB4(LCD)
MOSI(PD32)	33	Output/Input	Enable (LCD)
MISO(PD34)	35	Output/Input	RS (LCD)
I/O(PD22)	6	Output/Input	(PD22)Trigger
I/O(PD23)	7	Output/Input	(PD23)Echo

Dari **Tabel 1** diatas, mikrokontroler arduino mega digunakan sebagai komponen utama yang mengontrol komunikasi dari perangkat PC/Notebook dengan aktuator yang terpasang dan sebagai pemrosesan olah data sensor kompas sebagai navigasi untuk pergerakan perahu. Di arduino mega program dimasukan, lalu instruksi dikirim dari Arduino tersebut ke setiap aktuator untuk melakukan eksekusinya.

D. Perancangan Software

Pada perancangan perangkat lunak (*software*) ini meliputi pembahasan mengenai perancangan aplikasi berbasis komputer vision yang dapat mendeteksi perbedaan warna pada suatu objek sampah yang mengambang di permukaan air menggunakan sebuah *Graphical User Interface* (GUI). Tampilan front panel MATLAB dapat dilihat pada **Gambar 22**.



Gambar 22. Tampilan front panel MATLAB R2012a

GUI pada tugas akhir ini dibuat dengan MATLAB R2012a seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini untuk melihat obeej yang telah di *image processing* untuk mempermudah kinerja perahu dalam bermanuever

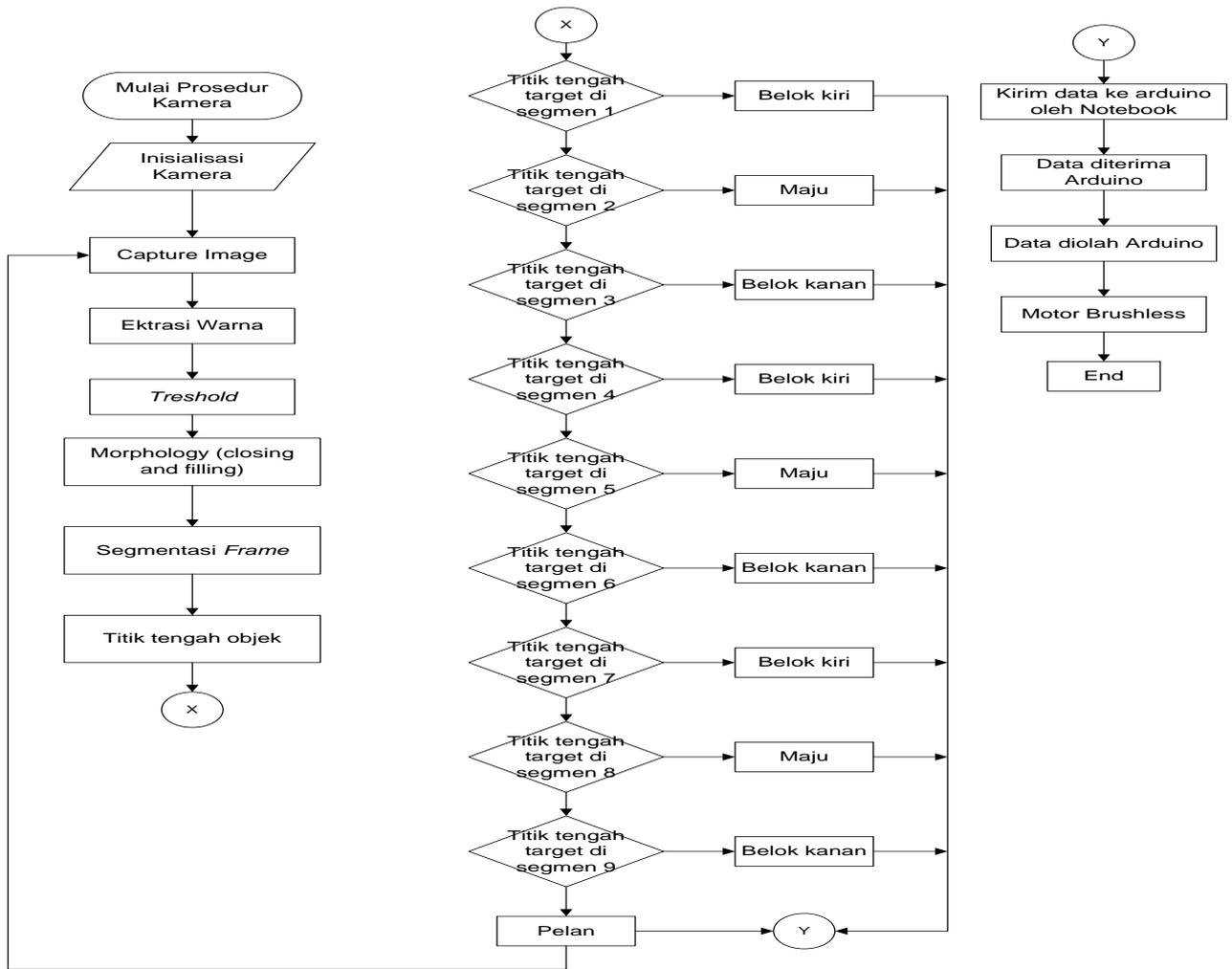
Berikut adalah penjelasan dari keterangan pada tampilan gambar diatas, yaitu sebagai berikut :

1. Merupakan panel untuk menampilkan hasil pengambilan gambar berupa video *real time* yang diambil oleh *webcam*.
2. Merupakan panel yang berfungsi untuk menampilkan proses pendeteksian target.
3. Merupakan panel yang berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan *webcam*.
4. Merupakan panel yang berfungsi untuk memutuskan komunikasi antara PC atau laptop dengan arduino.
5. Merupakan panel yang berfungsi untuk menutup fasililitas GUI.
6. Merupakan panel yang berfungsi untuk memilih objek sampah yang akan dideteksi.
7. Merupakan panel yang berfungsi untuk menampilkan arah kemana robot bergerak.
8. Merupakan panel yang berfungsi untuk menampilkan kordinat dimana target berada.

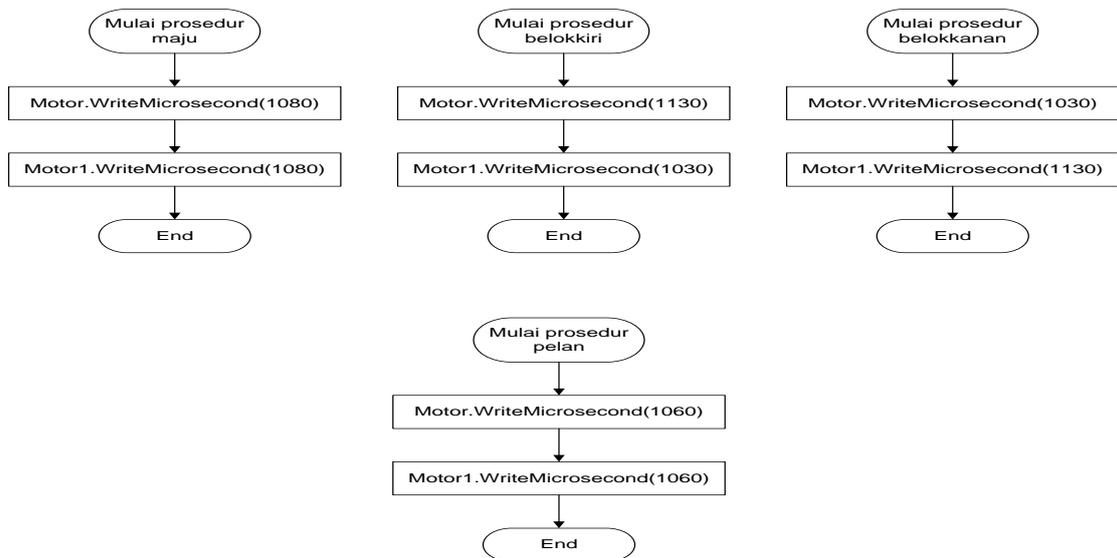
Alur kerja robot ditampilkan pada **Gambar 23**. Alur kerja motor ditampilkan pada **Gambar 24**. Prosedur proses alur *maneuver* dicantumkan dalam sebuah flowchart. Alur berawal dari inisiasi semua hadware yang digunakan, yaitu kompas, kamera, sensor ultrasonic, ESC, LCD, dan motor. Alur dalam *bermanuever* akan berakhir pada proses penjaringan sampah. Flowchart *maneuver* perahu dapat dilihat pada **Gambar 25**.

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

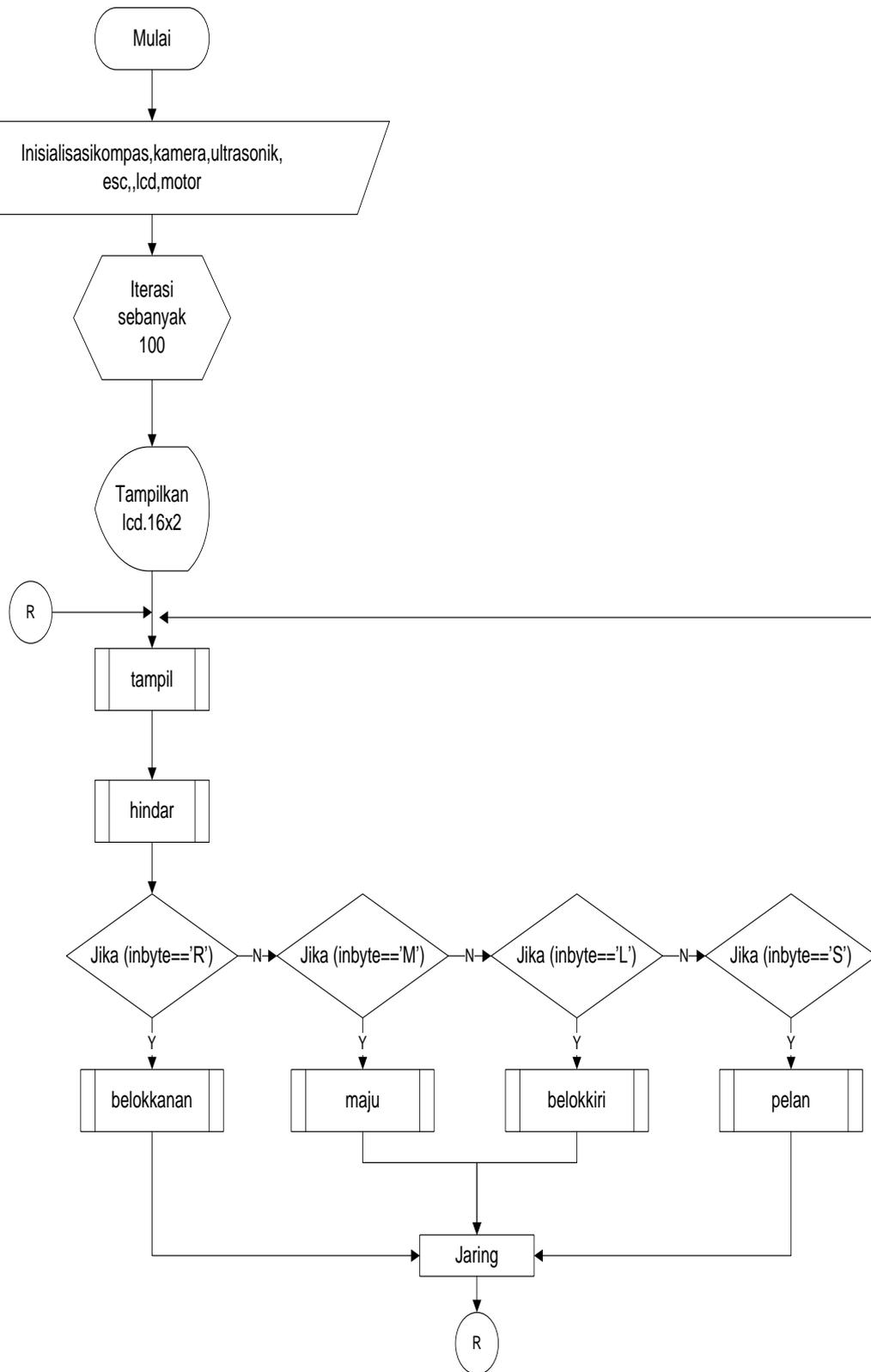
Hal yang paling penting dalam masalah perancangan alat berada pada pengujian alat tersebut, apakah alat yang dirancang telah memenuhi target perancangan yang di tentukan atau sebaliknya. Dengan tercapainya tujuan yang telah ditargetkan, maka alat tersebut dapat dikatakan proses perancangannya telah rampung. Oleh karena itu untuk mengetahui apakah alat yang dirancang ini telah mencapai tujuannya atau tidak, pada bab ini akan dilakukan pembahasan mengenai pengujiannya secara menyeluruh dan lebih rinci diawali pada bagian inputan yang kemudian proses dan terakhir membahas bagian outputnya.



Gambar 23. Prosedur proses alur kamera



Gambar 24. Flowchart proses motor



Gambar 25. Prosedur proses alur manuever perahu

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Hal yang paling penting dalam masalah perancangan alat berada pada pengujian alat tersebut, apakah alat yang dirancang telah

memenuhi target perancangan yang di tentukan atau sebaliknya. Dengan tercapainya tujuan yang telah ditargetkan, maka alat tersebut dapat dikatakan proses perancangannya telah rampung. Oleh karena itu untuk mengetahui apakah alat yang dirancang ini telah mencapai tujuannya atau

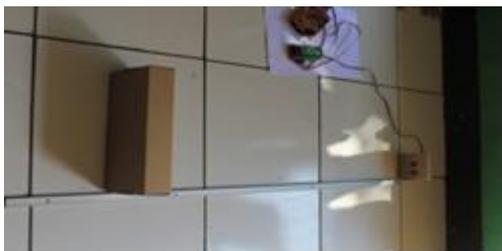
tidak, pada bab ini akan dilakukan pembahasan mengenai pengujiannya secara menyeluruh dan lebih rinci diawali pada bagian inputan yang kemudian proses dan terakhir membahas bagian outputnya.

A. Pengujian Komponen

Pengujian komponen bertujuan untuk mengetahui bahwa setiap komponen dalam kondisi baik, sehingga dapat memaksimalkan fungsi dari setiap komponen untuk mencapai sistem yang diharapkan. Ada beberapa pengujian yang dilakukan diantaranya pengujian pada sensor ultrasonic, motor *brushless*, pengujian LCD 16x2 dan pengujian pada bagian kamera.

1. Pengujian Sensor Ultrasonik

Prinsip kerja sebuah modul sensor ultrasonik yaitu mendeteksi objek dengan cara mengirimkan gelombang ultrasonik dan kemudian menerima pantulan gelombang tersebut. Sensor ultrasonik hanya akan mengirimkan gelombang ultrasonik ketika ada pulsa trigger dari mikrokontroler (pulsa high selama 10 μ S). Gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz akan dipancarkan selama 200 μ S. Gelombang ini akan merambat di udara dengan kecepatan 344,424m/detik (1 cm setiap 29,034 μ S) mengenai objek untuk kemudian terpantul kembali ke sensor ultrasonik. Tujuan sensor ultrasonik ini ialah untuk mendeteksi sisi samping baik itu kanan dan kiri. Berikutnya ditunjukkan contoh Pengujian jarak sensor pada jarak 50cm yang terdapat pada **Gambar 26**.



Gambar 26 Pengujian jarak sensor pada jarak 50 cm

Pada bagian pengujian sensor ultrasonic diperlukannya beberapa data untuk melihat apakah sensor tersebut bekerja dengan baik atau sebaliknya. Data hasil uji pada modul sensor ultrasonik dengan pengukuran menggunakan alat ukur penggaris ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Berdasarkan pengujian pada **Tabel 2**, hasil sensor ultrasonik HC-SR04 dapat dilihat dari tabel pengukuran menggunakan sensor ultrasonik dengan hasil tidak adanya

perubahan nilai pada jarak dengan jarak pada HC-SR04. Jadi, sensor ultrasonik bekerja dengan baik karena dapat mendeteksi objek serta *maneuver* perahu untuk menghindari dinding agar tidak terjadi gesekan.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04

No	Jarak (Cm)	HC SR04 (Cm)	No	Jarak (Cm)	HC SR04 (Cm)
1	2	2	21	70	70
2	2	2	22	80	80
3	3	3	23	90	90
4	4	4	24	100	100
5	5	5	25	110	110
6	6	6	26	120	120
7	7	7	27	130	130
8	8	8	28	140	140
9	9	9	29	150	150
10	10	10	30	160	160
11	15	15	31	175	175
12	20	20	32	187	187
13	25	25	33	195	195
14	30	30	34	207	207
15	35	35	35	220	220
16	40	40	36	225	225
17	45	45	37	230	230
18	50	50	38	235	235
19	55	55	39	240	240
20	60	60	40	250	250

2. Pengujian *Brushless*

Motor *brushless* merupakan motor yang mempunyai sebuah magnet permanen pada bagian "*rotor*" dan memiliki elektro-magnet pada bagian "*stator*" nya. Pada umumnya, kecepatan putaran *brushless* motor yang keluar dari ESC diatur oleh pulsa dari mikrokontroler. Motor *Brushless* Turnigy D2836/8 merupakan motor yang memiliki rpm dan torsi yang besar. *Electronic Speed Control (ESC)* merupakan sebuah rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan putaran motor pada perahu ini. Tujuan pengujian ESC dan motor *brushless* ini ialah untuk menentukan kecepatan motor yang tepat buat *maneuver* perahu bekerja saat melakukan pencarian sampah di air. Contoh pengujian motor *brushless* dengan pulsa 1100 terdapat pada **Gambar 27**.

Untuk melihat apakah motor *brushless* berfungsi dengan baik maka perlunya pengujian pada lapangan. Contoh pengujian motor *brushless* pada kolam terdapat pada **Gambar 28**.



Gambar 27. Pengujian motor brushless dengan pulsa 1100



Gambar 28. Pengujian motor brushless pada kolam

Pada bagian pengujian dilapangan, motor brushless menunjukkan bahwa pada pulsa 500-750 yang diberikan kepada ESC hasilnya kalibrasi tidak aktif karena motor memiliki putaran minimal 1100 rpm. Dan dapat dilihat pada tabel motor brushless yang dapat bekerja pada pulsa minimal 1100- 2500 yang ditanamkan pada ESC sehingga dapat disimpulkan bahwa motor akan bergerak atau aktif pada kisaran minimal pulsa 1100 yang ditanam pada mikrokontroller untuk mengatur driver motor yang menggerakkan brushless. Dan kinerja motor brushless ialah motor yang harus memiliki inisialisasi putaran awal motor pada program yang ditanamkan pada Arduino. Data hasil uji pada motor brushless dengan mengatur kecepatan motor oleh sebuah driver motor yang ditanamkan pada mikrokontroller yang juga berfungsi untuk melakukan percepatan pada motor perahu sesuai dengan kebutuhan dicantumkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji coba motor brushless

No	Pulsa	Keterangan
1	500	ESC kalibrasi tidak aktif, motor tidak bergerak
2	750	ESC kalibrasi tidak aktif, motor tidak bergerak
3	900	ESC kalibrasi aktif, motor tidak bergerak
3	1000	ESC kalibrasi aktif, motor tidak bergerak
4	1100	ESC kalibrasi aktif, motor bergerak
5	1200	ESC kalibrasi aktif, motor bergerak
6	1400	ESC kalibrasi aktif, motor bergerak
7	1800	ESC kalibrasi aktif, motor bergerak
8	2000	ESC kalibrasi aktif, motor bergerak
9	2100	ESC kalibrasi aktif, motor bergerak
10	2200	ESC kalibrasi aktif, motor bergerak
11	2400	ESC kalibrasi aktif, motor bergerak
12	2500	ESC kalibrasi aktif, motor bergerak

3. Pengujian LCD 16x2

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa LCD dalam kondisi baik untuk menampilkan setiap karakter, baik dalam kolom maupun pada baris layer yang dikirim melalui arduino. Pengujiannya dilakukan dengan mengirim program dasar untuk LCD ke dalam arduino dan menampilkannya di LCD 16x2. Pengujian LCD saat program di mulai ditampilkan di Gambar 29.



Gambar 29. Pengujian LCD saat program memulai

Pengujian berikutnya menguji layar LCD apakah ketika perahu akan bermanuever merespon tampilan dengan baik atau tidak. Contoh gambar layar LCD ketika perahu akan bermanuever ada pada Gambar 30. Dari hasil pengujian diatas LCD menampilkan setiap karakter dengan jelas sesuai input yang diberikan dari arduino, sehingga dapat disimpulkan LCD dalam kondisi baik dan tidak ada kerusakan.



Gambar 30. Pengujian LCD untuk mengetahui manuever perahu

4. Pengujian Kamera

Tujuan pengujian ini dirancang agar kamera dapat melakukan pendeteksian dengan baik objek dan warna serta perahu dapat bermanuever dengan baik yang dimana sensor objeknya dari kamera. Untuk memenuhi hal tersebut diatas, maka diperlukan kamera, untuk mengenali warna dan pola dari sebuah objek melalui proses pengolahan citra. Pada pengujian ini, sebuah Graphical User Interface (GUI). GUI adalah sebuah aplikasi dari

MATLAB yang mengandung tugas, perintah, atau komponen program yang berfungsi sebagai media bantu pengontrol untuk mempermudah *user* atau pengguna dalam mengoperasikan sebuah program dalam MATLAB. GUI pada tugas akhir ini dibuat dengan MATLAB R2012a untuk melakukan pendeteksian objek sampah styereofom berwarna putih dan botol biru diatas permukaan air. MATLAB sendiri merupakan sebuah perangkat lunak terbuka yang dapat diunduh secara bebas dan memiliki banyak kelengkapan data [6]. Berikut merupakan data hasil uji kamera dirumah untuk mengetahui optimal atau tidaknya *image processing* yang digunakan.

Percobaan pendeteksian pertama sebuah perahu ketika akan mengangkat objek styereofom yang error. Contoh ditunjukkan pada **Gambar 31**. Percobaan kedua perahu akan melakukan pendeteksian objek pada botol berwarna biru. Berikut contoh ditunjukkan pada **Gambar 32**.



Gambar 31. Pendeteksian objek styereofom yang error



Gambar 32. Pendeteksian objek botol biru

Pada pengujian selanjutnya, dilakukan sebuah percobaan terhadap pendeteksian yang dilakukan oleh pengolahan citra. Berikut hasil uji coba pengolahan citra atau *image processing* yang dilakukan pada saat perahu melakukan *maneuvering* pada permukaan air yang akan ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Berdasarkan hasil dari **Tabel 4**, hasil uji coba *image processing* diatas dapat disimpulkan bahwa pendeteksian objek yang dilakukan pada sebuah objek styereofom putih terdapat *error* yang disebabkan oleh adanya pantulan cahaya matahari terhadap permukaan air terdeteksi berwarna putih yang mengakibatkan *error* pada maneuver dan penjarangan objek sampah tidak berjalan dengan baik seperti terlihat pada **Gambar 31**.

Pada **Tabel 4** hasil uji coba pada *image processing* diatas dapat dilihat pada nomor 4 sampai dengan nomer 6 pendeteksian objek biru sangat baik dan dapat terlihat pada **Gambar 32** pendeteksian objek botol biru dikarenakan pantulan cahaya matahari kurang mempengaruhi dikarenakan objek diekstrasikan warnanya biru sehingga pantulan cahaya matahari tidak terdeteksi yang mengakibatkan error. Dan pengujian ini dapat disimpulkan bahwa pendeteksian sampah ini sangat baik pada objek sampah botol biru. Dan untuk selanjutnya pengujian akan ditekankan pada objek sampah botol warna biru dikarenakan untuk melihat *maneuver* perahu dalam pendeteksian dan penjarangan sampah.

B. Pengujian Perahu *Bermaneuver*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perahu *bermaneuver* mengikuti objek sampah dan menjaringnya yang telah ditentukan menggunakan sensor kamera dimana semua perintah pengolahan citranya diproses di notebook yang kemudian dikirim kepada mikrokontroller untuk menggerakkan aktuator. Pentingnya Teknik *bermaneuver* sendiri yang merupakan sebuah Teknik yang akan mengintegrasikan sebuah objek dengan dengan urutan gerak yang lebih tinggi dari akselerasi [12]. Perahu yang akan melakukan *maneuvering* sendiri akan bergerak lurus mengikuti objek sampah dan akan bermanuver belok kiri dan kanan sesuai dimana keberadaan objek sampah tersebut berada. Kemudian perahu tersebut akan mendekati objek dan objek akan menjaringnya masuk ke jaring sampah yang telah disediakan. Dalam percobaan ini yang diuji adalah objek botol biru sebagai sasaran dimana perahu akan bermanuever. Berikut merupakan tabel gambar yang berisikan tentang percobaan pada robot perahu yang akan bermaneuver pada permukaan air. Percobaan pertama perahu akan *bermaneuver* ke arah kanan yang akan ditunjukkan pada **Gambar 33**.

Tabel 4. Hasil uji coba pada image *processing* **Gambar** **Ket**

No	Gambar	Ket
1		Error
2		Maju
3		Kiri
4		Maju
5		Maju
6		Kiri
7		Kanan



Gambar 33. Hasil uji coba manuever kanan

Percobaan kedua perahu akan diuji cobakan *bermaneuvreur* ke arah kiri. Hasil seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 34**. Percobaan ketiga perahu akan melakukan *maneuver* ke arah depan atau maju. Hasil seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 35**.



Gambar 34. Hasil uji coba manuever kiri



Gambar 35. Hasil uji coba manuever maju

Dari hasil uji coba robot perahu yang sedang melakukan manuever pada permukaan air, maka hasil uji coba manuever objek sampah pada botol biru dicantumkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil uji coba manuever objek sampah botol biru

No	Maneuver	Banyak percobaan	Keterangan		Persentasi Keberhasilan
			Gagal	Berhasil	
1	Maju	10	1	9	90%
2	Kiri	10	2	8	80%
3	Kanan	10	2	8	80%

Dengan menggunakan rumus presentasi keberhasilan sebagai berikut :

$$\% \text{ berhasil} = \frac{\sum \text{percobaan} - \sum \text{kegagalan}}{\sum \text{percobaan}} \times 100 \% \quad (4)$$

maka dapat diperoleh perhitungan presentasi keberhasilan sebagai berikut.

1. Maju = $\frac{10-1}{10} \times 100 \% = 90 \%$
2. Kiri = $\frac{10-2}{10} \times 100 \% = 80 \%$
3. Kanan = $\frac{10-2}{10} \times 100 \% = 80 \%$

Pada percobaan yang telah dilakukan, bahwasanya perahu dapat berjalan dengan baik dan dapat bermanuever baik pada arah kiri, kanan maupun bergerak maju dengan persentasi keberhasilan 80-90% pada objek sampah botol biru. Kegagalan pada manuever dipengaruhi oleh adanya jarak cangkupan kamera yang masih terbatas. Kamera yang terpasang pada perahu dapat mendeteksi objek pada jarak 2 meter didepan dan 0.5 meter disetiap sisi kiri dan kanan. Kamera sendiri merupakan sebuah inputan dimana semua perintah belok kanan dan kiri tersebut diolah oleh notebook dalam *image processing* yang kemudian di eksekusi oleh miktrokontroller.

C. Pengujian Pada Bagian Eksekusi

Perahu *Bermaneuer*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perahu akan *bermaneuer* kearah mana terlebih dahulu, bila keberadaan sampah berada dikiri, tengah, dan kanan yang terdeteksi oleh kamera yang diproses *image processing* di MATLAB yang kemudian akan dikirimkan perintah kepada mikrokontroller untuk melakukan eksekusi untuk mengaktifkan *brushless* agar perahu dapat *bermaneuer* mendekati objek sampah dan menjaringnya.

Hasil uji coba eksekusi manuever yang akan dikombinasikan dengan 3 posisi sampah didepanya sehingga apakah robot perahu tersebut mampu atau tidaknya dapat dilihat dari hasil uji coba berikut. Gambar akan di tunjukan pada **Gambar 36**.

Pada percobaan berikut ini didapatkan sebuah kesimpulan bahwa dapat dilihat ketika perahu dihadapkan dengan **Gambar 36** hasil uji manuever dengan 3 posisi sampah perahu akan bermanuever terlebih dahulu ke kanan karena pada *image processing* yang disegmentasikan pada notebook untuk mengirim serial "R" yaitu kanan dimana output pada notebook merupakan inputan

mikrokontroler untuk melakukan eksekusi perahu bermanuever belok kekanan. Karena baik 2 kondisi apabila objek terdeteksi pada segmentasi sebelah kanan mikrokontroler akan mengutamakan belok kanan.



(a)



(b)

Gambar 36. Hasil uji manuever dengan 3 posisi sampah

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem dan hasil pengujian serta analisis yang telah dilakukan dari "Robot Perahu Pengangkut Sampah Berbasis Pengolahan Citra" kami dapat mengambil point-point penting untuk menyimpulkannya sebagai berikut.

1. Robot perahu dapat mendeteksi objek sampah yang ditentukan yaitu botol biru dan styroform. Akan tetapi pada pendeteksian styroform mengalami error dikarenakan adanya pantulan cahaya pada permukaan air yang dideteksi sebagai objek sampah seperti pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.6.
2. Robot perahu dapat *bermaneuer* menuju keberadaan objek sampah yang telah diproses oleh *image processing* dimana eksekusi manuever perahu ialah maju, kanan dan kiri dengan keberhasilan 80-90%.
3. Perahu dapat bermanuever dan mendekati objek sampah yang telah dideteksi *image processing* dimana kemudian perahu mendekati objek dan menjaring sampah dipermukaan air seperti pada pengujian perahu

bermanuver dan pengujian eksekusi perahu bermanuver.

4. Adanya kendala dalam pengangkutan sampah yang disebabkan oleh adanya batasan dalam pemilihan warna sampah yang harus diangkat.
5. Perahu tidak dapat kembali bermanuefer setelah selesai mengangkut sampah.

Dari kesimpulan yang didapat, terdapat beberapa saran untuk adanya pengembangan dari alat yang telah dirancang ini.

1. *Image processing* untuk pengenalan objek dikembangkan tanpa harus memilah objek sampah tersebut dari warna.
2. Manuever perahu seharusnya dapat kembali setelah menjaring sampah yang telah terjaring untuk dikumpulkan pada pembuangan sampah sementara.
3. Perahu dapat melakukan penyimpanan sampah pada perahu itu tersendiri atau tersedianya sistem penyimpanan sampah.
4. Perahu dapat mengolah sendiri sampah-sampah yang telah diangkat menjadi suatu prodak yang lebih bermanfaat.
5. Selain untuk mengangkut sampah-sampah, perahu dapat menetralsisir air yang sudah keruh dan tercemar menjadi air yang layak konsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. H. Halim, A. Arifin, N. Nonci, R. Zainuddin, H. B. Anriani, S. A. Kamaruddin, "Flood disaster and risk anticipation strategy," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 235, no. 1, pp. 12-32, 2019.
- [2]. A. Beltrán, D. Maddison, and R. Elliott, "The impact of flooding on property prices: A repeat-sales approach," *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 95, pp. 62-86, 2019.
- [3]. Y. Morales, A. Carballo, E. Takeuchi, A. Aburadani, and T. Tsubouchi, "Autonomous robot navigation in outdoor cluttered pedestrian walkways," *Journal of Field Robotics*, vol. 26, no. 8, pp. 609-635, 2009.
- [4]. J. P. Elhorst, "Matlab Software for Spatial Panels," *Int. Reg. Sci. Rev.*, vol. 37, no. 3, pp. 389-405, 2014.
- [5]. F. A. Jafar, N. A. Rosli, S. A. Rashid, M. M. Ali, S. Shamsuddin, and A. M. Kassim, "Towards the development of kansei haptic sensing technology for robot application – Exploring human haptic emotion," *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 739, pp. 622-630, 2018.
- [6]. J. Lan and Y. Zeng, "Multi-threshold image segmentation using maximum fuzzy entropy based on a new 2D histogram," *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, vol. 124, no. 18, pp. 3756-3760, 2013.
- [7]. T. Pribanic, S. Mrvoš and J. Salvi, "Efficient multiple phase shift patterns for dense 3D acquisition in structured light scanning," *Image and Vision Computing*, vol. 28, no. 8, pp. 1255-1266, 2010.
- [8]. M. Anguiano-Morales, E. Noé Ariasb, G. Garnicab, A. Martínez, "Image fusion by color texture extraction," *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, vol. 125, no. 2, pp. 810-812, 2013.
- [9]. H. Naderi, N. Fathianpour and M. Tabaei, "MORPHSIM: A new multiple-point pattern-based unconditional simulation algorithm using morphological image processing tools," *Journal of Petroleum Science and Engineering*, vol. 173, pp. 1417-1437, 2019.
- [10]. L. R. Villegas, D. Colombet, P. Guiraud, D. Legendre, S. Cazin, and A. Cockx, "Image processing for the experimental investigation of dense dispersed flows: Application to bubbly flows," *International Journal of Multiphase Flow*, vol. 111, pp. 16-30, 2019.
- [11]. C. H. Comin, X. Xu, Y. Wang, L. da Fontoura Costa, and Z. Yang, "An image processing approach to analyze morphological features of microscopic images of muscle fibers," *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 38, no. 8, pp. 803-814, 2014.
- [12]. X. Li, G. Cui, W. Yi, and L. Kong, "Coherent integration for maneuvering target detection based on Radon-Lv's distribution," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 22, no. 9, pp. 1467-1471, 2015.