

PROTOTYPE DAN IMPLEMENTASI PENYORTIR TELUR DENGAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY PADA MANIPULATOR 6-Degree of Freedom(DOF)

PROTOTYPE AND IMPLEMENTATION OF EGG SORTING USING FUZZY LOGIC AT 6-DEGREE OF FREEDOM MANIPULATOR

Oleh : Haikal Firdiawan Zaky, Teknik Elektronika Fakultas Teknik UNY
Email : haikal.firdiawan@student.uny.ac.id

Abstrak

Pengkategorikan ukuran telur secara manual kurang efektif karena bersifat *judgement expert* yang mana tiap perorangan memiliki perbedaan dalam justifikasinya. Untuk mengatasi masalah dalam mengkategorikan ukuran telur, Prototype dan Implementasi Penyortir Telur Dengan Menggunakan Logika Fuzzy pada Manipulator 6-Degree Of Freedom (DOF) merupakan salah satu solusi untuk dapat mengatasi permasalahan mengenai perekaan ulang ukuran telur dengan proses sortasinya. Proyek akhir ini dibuat berbasis pengolahan citra yang diintegrasikan dengan sistem cerdas logika fuzzy dengan metode mamdani dengan operator AND dalam fuzzyfikasinya, dan metode *center of area* untuk menentukan defuzzifikasinya. Ukuran tersebut diklasifikasikan kedalam 5 jenis ukuran telur yakni sangat kecil, kecil, sedang, besar dan sangat besar. Minimum sistem berbasis ATmega 2560 digunakan sebagai kontroler utama dari manipulator robot yang berbasis 6-Degree of Freedom(DOF) sebagai media penyortir telur yang akan meletakkan telur kedalam tatakan telur secara berurutan sesuai dengan klasifikasi ukuran telur. Berdasarkan hasil pengujian pada tiap klasifikasinya dapat disimpulkan bahwa sistem pengolahan citra dengan logika fuzzy memiliki persentase rata-rata keberhasilan 84%. Sedangkan untuk penempatan telur dengan robot mengacu pada sistem Logika Fuzzy sebesar 92%, penempatan telur dengan robot mengacu pada *judgement expert* memiliki keberhasilan sebesar 76%..

Kata Kunci : Manipulator Robot 6-DOF, Pengolahan citra, Logika Fuzzy

Abstract

Regrouping the size of eggs manually are less efectivenes because the quality of it, controlled by judgment expert which every single person have differences about justification. For resolving the problem about regrouping the eggs size, Prototype and Implementation of Egg Sorting Using Fuzzy Logic at 6-Degree Of Freedom (DOF) Manipulator is the one of solution for getting shortcut about resizing the eggs size and the process of sorting. In this final project is made with image processing-based in order to process the image egg-size which integrated with fuzzy logic intelligent systems and apllied by mamdani method, AND operator for fuzzyfication then center of area method for defuzzyfication.The size of eggs are classified by 5 type size, namely very small, small, average, big, and very big. Along with a minimum system of ATmega 2560 based as the primary controller of the robot manipulator as a sorter medium which put the egg down to egg mat correctly by the size of egg type. According the results of test, it could be concluded that the image processing system with fuzzy logic have average percentage of success 84%. For placing the eggs to the mat based on fuzzy logic have average percentage of success 92%, and placing the eggs to the mat based on judgement expert have average percentage of success 76%.

Keywords: *Manipulator Robot 6-Degree Of Freedom, Image processing, Fuzzy Logic*

PENDAHULUAN

Teknologi industri memiliki elektabilitas peningkatan dalam mutu kerja dan efektifitas untuk mencapai hasil yang optimal, hal tersebut dilatarbelakangi dengan permintaan investor industri untuk melakukan pembenahan setiap kinerja mesin.

Teknologi mesin industri tersebut ditarget untuk mampu melakukan tugasnya sebagai alat bantu manusia agar dapat bekerja dengan efektifitas dan keoptimalan yang baik dalam mengurangi biaya produksi dari suatu industri tanpa mengurangi kualitas hasil produksi itu sendiri. Salah satu teknologi industri yang umum digunakan adalah mesin penyortir. Mesin penyortir merupakan alat bantu untuk memilah hasil produksi utama dengan hasil produksi pengotor (cacat produksi), Salah satu pemanfaatan mesin sortasi pada industri adalah untuk mensortir telur, dimana telur merupakan kebutuhan pokok makanan dari rumah tangga, restoran kuliner hingga industri-industri makanan seperti biskuit dan lain sebagainya.

Berdasarkan aturan Standar Nasional Indonesia SNI No. 3926:2008, yang mengatur tentang bobto telur itu sendiri dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu kecil dengan indeks parameter berat kurang dari 50 g, indeks parameter berat golongan sedang 50 g sampai 60 g dan besar dengan indeks parameter berat lebih dari 60 g. Persyaratan mutu yang diatur mencakup tingkatan mutu fisik, meliputi kondisi kerabang, kondisi kantung udara, kondisi putih telur, kondisi kuning telur, dan Bau. Mengutip dari sebuah laman artikel web (<http://kulinologi.co.id/acrobat/index1.php?view&id=900>) (2016, 10.15) didalam artikel tersebut dipaparkan tentang cara industri mengategorikan kualitas sebuah telur, diantaranya : (1) Kualitas AA (Mutu 1) Kondisi telur bersih, halus, licin, tidak retak, dan bentuknya normal. Kedalaman kantung udara tidak boleh lebih dari 3,2 mm (SNI : < 0,5 cm). Putih telur harus bersih, kental dan stabil, dengan konsistensi seperti gelatin, Ketika diteropong, kuning telur tidak bergerak-gerak, berbentuk

bulat, terletak deitengah telur, kuning telur dan bersih dari bercak darah atau noda apapun. Bayangan batas-batas kuning dan putih telur ketika di teropong tidak terlihat jelas. (2)Kualitas A (Mutu 2) Cangkang telur bersih, halus, licin, tidak retak, dan bentuknya normal. Kedalaman rongga udara tidak boleh lebih dari 4,8 mm (SNI : 0,5-0,9 cm). Putih telur harus bersih, dan kental. Bayangan batas-batas kuning dan putih telur ketika diteropong mulai terlihat agak jelas. Kuning telur berbentuk bulat, posisinya di tengah, harus bersih dan tidak ada bercak atau noda. (3) Kualitas B (Mutu 3) Cangkang bersih, tidak boleh retak, agak kasar, dan mungkin bentuknya abnormal. Kantung udara lebih dari 1,6 mm (SNI : > 1 cm). Putih telur encer, sehingga kuning telur bebas bergerak saat diteropong. Ada noda sedikit, tetapi tidak boleh ada benda asing lainnya dan bagian kuning belum tercampur dengan putih. Kuning telur terlihat gepeng (pipih) bentuknya, agak melebar, bintik atau noda darah mungkin ada, tetapi diameternya tidak boleh lebih dari 3,2 mm.

Menurut paparan kutipan tersebut dapat dilihat bahwa untuk pengkategorian telur tersebut telah melewati hal yang paling penting dari sebuah telur, yakni ukuran dari telur tersebut. Ukuran telur dinilai lebih cepat karena ukuran daripada sebuah telur dapat memprediksi berat dari telur tersebut,

Oleh karena itu proyek akhir “Prototype dan Implementasi Sortasi Telur Dengan Menggunakan Logika Fuzzy pada Manipulator 6-Degree Of Freedom (DOF)” ini dirancang dengan tujuan untuk dapat mereka ulang pengkategorian ukuran telur yang diaplikasikan dengan manipulator sebagai media pensortir dan *opencv* sebagai *library* untuk pengolahan citra digital untuk mendeteksi ukuran dan fisik tiap telur, sehingga kerugian-kerugian kecil dapat segera diminimalisir agar tidak mengakibatkan kerugian yang lebih besar jika tidak segera dibenahi pada sistem sortasi tersebut.

MANIPULATOR 6-DEGREE OF FREEDOM

Manipulator adalah suatu mekanik yang memiliki fungsi sebagai memindah, mengangkat atau memanipulasi benda sehingga benda dapat bergerak (Endra Pitowarno, 2006:16). Umumnya bentuk dari robot manipulator memiliki ciri berupa lengan atau pada umumnya disebut dengan *link* yang saling terhubung membentuk beberapa *joint* yang biasa dikenal dengan *Degree of Freedom*. Robot manipulator idealnya memiliki 6-DOF, dimana 3 bagian DOFnya berfungsi untuk menentukan posisi ujung terakhir dari sebuah lengan dalam ruang cartesian, sedangkan 3 DOF sisa lainnya digunakan sebagai orientasi (Widodo Budiharto, Djoko purwanto, 2015:4-5)

OPENCV

OpenCV (Open Computer Vision) adalah sebuah API (Application Programming Interface) Library yang sering digunakan sebagai dasar untuk Pengolahan Citra (<http://priawadi.com/2012/09/opencv.html>). Pada dasarnya penggunaan openCV sebagai library pengolahan citra ditujukan sebagai visualisasi penglihatan komputer atau yang biasa disebut dengan Computer Vision, Computer Vision adalah salah satu cabang dari Bidang Ilmu Pengolahan Citra (Image Processing) yang memungkinkan komputer dapat melihat seperti manusia dengan fleksibel namun terbatas pada program awal. Dengan vision tersebut komputer dapat mengambil keputusan, melakukan aksi, dan mengenali terhadap suatu objek. Beberapa pengimplementasian dari Computer Vision adalah Face Recognition, Face Detection, Face/Object Tracking, Road Tracking, dll. OpenCV adalah library Open Source untuk Computer Vision untuk C/C++

Logika Fuzzy

Munculnya logika fuzzy dilatarbelakangi oleh adanya kesenjangan antara hukum-hukum matematika dengan permasalahan sesungguhnya di kehidupan nyata. Dengan demikian perlu suatu metode analisa baru untuk mendekati solusi yang optimal terhadap permasalahan real. Metode tersebut dikenal sebagai logika fuzzy (logika kabur atau tidak jelas). Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu: (1) Variabel fuzzy (2) Himpunan Fuzzy (3) Semesta pembicaraan (4) Domain Himpunan Fuzzy.

Variabel fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy.

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

METODE PENELITIAN

Perancangan Prototipe dan Implementasi Penyortir Telur dengan Menggunakan Logika Fuzzy pada Manipulator 6-Degree Of Freedom(DOF) menggunakan metode **ADDIE** (Dick dan Carey, 2010) pada proses rancang bangunnya, dalam pengaplikasiannya model ADDIE(*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*).

Analisis

Analisis pada proyek akhir ini memerlukan beberapa rincian mengenai kebutuhan alat dan bahan guna menunjang proses pembuatannya, pada pengerjaan proyek akhir ini, Robot difungsikan sebagai penyortir telur dengan proses yang dijabarkan sebagai berikut: (1)Pengolahan citra mampu untuk mengestraksi ukuran telur. (2) Ukuran telur diklasifikasikan kedalam 5 jenis ukuran telur yakni sangat kecil, kecil, sedang, besar dan sangat besar.(3) Catu daya pada perangkat elektronik dapat terpenuhi sesuai dengan datasheet masing-masing komponen elektronik. (4)Robot manipulator robot 6-Degree of Freedom dapat memindahkan telur kedalam tatakan telur sesuai dengan klasifikasi jenis telur dan berurutan.

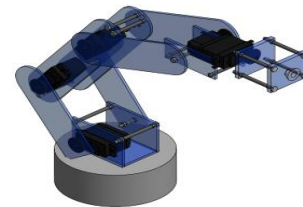
Desain

Pada pengerjaan proyek akhir ini, desain ditujukan untuk membuat konsep rancangan untuk menunjang pengerjaan proyek akhir agar lebih tersistematis, rancangan dibagi menjadi 3 bagian yaitu (1)rancang mekanik, (2)rancangan elektronik (3)rancangan perangkat lunak.

Untuk perancangan mekanik terbagi menjadi 3 bagian diantaranya mekanik robot, tatakan telur, base telur dengan kamera. Mekanik robot berupa badan mekanik yang berfungsi untuk meletakkan servo-servo. Perancangan mekanik pada proyek akhir ini

penulis mendesain manipulator robot berbentuk *Arm Robot* yang memiliki derajat kebebasan sebanyak 6 sendi, tujuan dibuatnya *arm robot* dengan 6 sendi adalah untuk memudahkan dan memberikan efek stimulus gerakan yang lebih fleksibel sehingga ketika melakukan tugasnya robot akan mampu bekerja secara optimal.

Desain tatakan dibuat disesuaikan dengan *motion* dari manipulator robot, tingkat penempatan merupakan hal yang harus diperhatikan, sebab dari keluaran output fuzzy sebanyak 5, maka sebanyak itu pula tatakan telur dibuat baik berupa baris maupun kolomnya. Setiap kolom berjumlah 5 tempat yang artinya robot memiliki 5 motion untuk tiap fungsi keanggotaan output fuzzy dan disesuaikan dengan jumlah maksimal telur yang mampu ditata oleh robot.

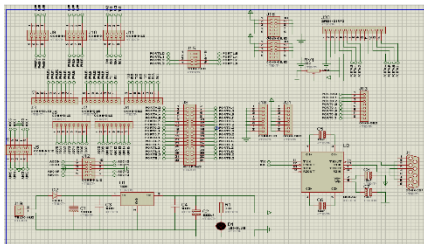


Gambar 1. Desain Mekanik Manipulator Robot 6-Degree of Freedom

Untuk perancangan Elektronik terbagi menjadi beberapa bagian seperti, minimum sistem, driver motor, piranti antar muka LCD maupun sensor cahaya photodiode. Rangkaian minimum sistem yang dibuat oleh penulis memanfaatkan IC dari ATmega2560 yang terbentuk menjadi sebuah modul yang disebut dengan arduino mega dimana minimum sistem tersebut terdiri dari 12 PORT yang bisa difungsikan sebagai jalur input maupun output. PORT dari ATmega2560(*Arduino mega*) tersebut

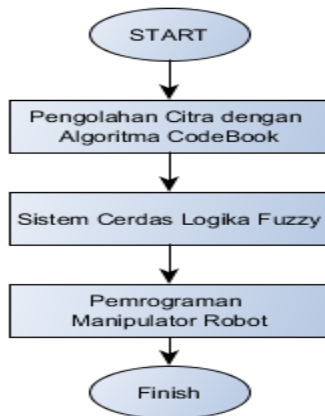
Protoype dan Implementasi Penyortir Telur dengan menggunakan Logika Fuzzy pada Manipulator 6-Degree of Freedom (Haikal Firdiawan Zaky) 5

disebar untuk disesuaikan dengan kebutuhan komponen lainnya, seperti driver motor, piranti antar muka LCD maupun sensor cahaya photodiode. Gambar 2 merupakan *layout* dari minimum sistem



Gambar 2. Rangkaian *Shield* Minimum Sistem ATmega2560

Untuk perancangan Perangkat Lunak terbagi menjadi beberapa bagian seperti pengolahan citra dengan algoritma codebook, sistem cerdas logika fuzzy dan pemrograman manipulator robot. Gambar 3 merupakan flowchart dari konsep perancangan perangkat lunak.



Gambar 3. Flowchart perancangan perangkat lunak

Pengembangan

Untuk pengembangan dalam pengerjaan proyek akhir ini ditujukan sebagai tahapan untuk perealisasiian dari desain yang telah disusun, diantaranya : (1)Menyiapkan Alat dan Bahan yang dibutuhkan dengan menganalisis kebutuhan baik untuk input, proses maupun output. (2) Merancang desain mekanik baik manipulator robot,tatakan telur dan base telur dengan kamera. (3) Merealisasikan rancang bangun mekanik manipulator robot, tatakan telur dan base telur dengan kamera.(4) Merancang dan mensimulasikan rangkaian elektronik baik berupa rangkaian minimum sistem, rangkaian drievr motor dengan relay, dan rangkaian sensor cahaya photodiode. (5) Mendesain layout PCB dan mencetak layout PCB dari rangkaian minimum sistem, rangkaian drievr motor dengan relay, dan rangkaian sensor cahaya photodiode. (6) Merancang dan mengimpelmentasikan program dari perangkat lunak baik dari pengolahan citra, program logika fuzzy dan program keseluruhan manipulator robot dengan CodeVisionAVR.(7) Menguji unjuk kerja dari tiap rancang bangun mekanik, rangkaian elektronik dan rancangan perangkat lunak.(8) Menguji unjuk kerja keseluruhan alat baik berupa rancang bangun mekanik, rancangan elektronik dan rancangan perangkat lunak.

Implemetasi

Pada tahap implementasi merupakan tahapan merealisasiikan dari desain dan pengembangan yang sebenarnya, pada tahap pembuatan mekanik yang sebelumnya didesain dengan menggunakan bantuan *Software* Autodesk Inventor

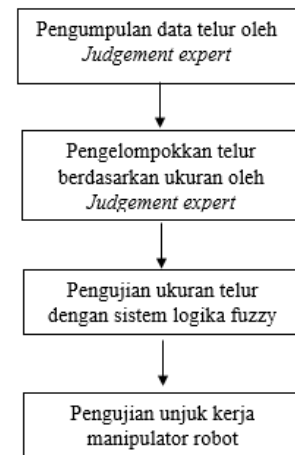
kemudian direalisasikan dengan pembuatan mekanik robot berbentuk lengan robot 6 derajat kebebasan, tatakan telur dengan 25 ruang dan 5 ruang tiap klasifikasi jenis telur, dan base telur dengan kamera sebagai media dalam proses penlasifikasian telur sebelum di sortir.

Begitu juga dengan perancangan elektronik seperti pembuatan minimum sistem, driver motor, piranti antarmuka LCD dan sensor cahaya photodiode yang didesain dengan *software* proteus 7 lalu diimplementasikan ke wujud nyata diatas PCB(*Printed Circuit Board*).

Untuk pembuatan perangkat lunak, baik pengolahan citra maupun sistem logika fuzzy diimplemtasikan kedalam *software* visual studio dengan bahasa pemrograman C, kemudian untuk pemrograman manipualtor robot diimplementasikan kedalam *software* CodeVision AVR.

Evaluasi

Evaluasi merupakan tahapan untuk mendapatkan data penelitian, data penelitian dilakukan dengan tahapan membandingkan antara judgment expert dalam penyortiran telur dengan menggunakan logika fuzzy sebagai sistem cerdas penyortiran telur. Gambar 4 merupakan diagram proses evaluasi alat :



Gambar 4. Diagram Proses Evaluasi Alat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian terhadap alat dilakukan untuk mengetahui kinerja masing masing komponen dan keseluruhan. Hasil dari pengujian alat dan pengambilan data tersebut diharapkan mampu mendapatkan data yang valid dan alat bekerja sesuai dengan fungsi dan tujuannya. Pengujian unjuk kerja keseluruhan ditujukan untuk mengetahui unjuk kerja secara menyeluruh baik dari hasil sistem logika fuzzy maupun kemampuan manipulator untuk melakukan penyortiran telur. Unjuk kerja keseluruhan tersebut akan dimodelkan sebagaimana ketepatan manipulator melakukan proses penyortiran telur dari tiap kliasifikasi jenis telur yang ada(Sangat Kecil,Kecil, Sedang, Besar dan Sangat Besar). Rentang percobaan sebanyak 5 kali penyortiran telur dari total keseluruhan jenis klasifikasi telur.

Hasil dari pengujian tersebut akan dimuat pada tabel klasifikasi jenis telur secara terpisah, dan setelah data hasil pengujian dimuat selanjutnya akan dicari *error* atau kesalahannya dari proses ketepatan manipualtor dalam melakukan

Protoype dan Implementasi Penyortir Telur dengan menggunakan Logika Fuzzy pada Manipulator 6-Degree of Freedom (Haikal Firdiawan Zaky) 7

penyortiran telur. Perhitungan *error* diperoleh dengan mencari selisih dari jumlah tepat dan tidak tepat dari kemampuan manipulator melakukan penyortiran telur dari tiap klasifikasi telur. Hasil tersebut kemudian di rangkum dalam besaran persen(prosentase) dari *error*. Berikut merupakan rumus yang akan digunakan untuk mencari persentase dari nilai *error* tersebut :

$$\% \text{ Ketepatan} = \frac{\text{Jumlah data} - \text{jmlh data tdk tepat}}{\text{jumlah data}} \times 100\%$$

Tabel 6. Hasil Pengujian Unjuk kerja keseluruhan

Percobaan No.	Judgement expert	Klasifikasi ukuran telur dengan pengolahan citra dan Logika fuzzy	Berat Telur (gram)	Penempatan Telur Dengan Robot Mengacu pada sistem Logika Fuzzy		Penempatan Telur Dengan Robot Mengacu pada Judgement expert	
				Tepat	Kurang Tepat	Tepat	Kurang Tepat
1.	Sangat Kecil	Sangat Kecil	40.3 gr	✓	-	✓	-
2.	Sangat Kecil	Sangat Kecil	42.5 gr	-	✓	-	✓
3.	Sangat Kecil	Sangat Kecil	42.4 gr	✓	-	✓	-
4.	Sangat Kecil	Kecil	45.6 gr	✓	-	-	✓
5.	Sangat Kecil	Sangat Kecil	43.7 gr	✓	-	✓	-
6.	Kecil	Kecil	45.9 gr	✓	-	✓	-
7.	Kecil	Kecil	47.5 gr	✓	-	✓	-
8.	Kecil	Kecil	46.8 gr	✓	-	✓	-
9.	Kecil	Kecil	47.2 gr	✓	-	✓	-
10.	Kecil	Sangat Kecil	41.7 gr	✓	-	-	✓
11.	Sedang	Sedang	55.8 gr	-	✓	-	✓
12.	Sedang	Sedang	57.2 gr	✓	-	✓	-
13.	Sedang	Sedang	54.4 gr	✓	-	✓	-
14.	Sedang	Sedang	59.3 gr	✓	-	✓	-
15.	Sedang	Besar	62.2 gr	✓	-	-	✓
16.	Besar	Besar	65.7 gr	✓	-	✓	-
17.	Besar	Besar	64.3 gr	✓	-	✓	-
18.	Besar	Sedang	58.6 gr	✓	-	-	✓
19.	Besar	Besar	62.2 gr	✓	-	✓	-
20.	Besar	Besar	64.5 gr	✓	-	✓	-
21.	Sangat Besar	Sangat Besar	68.9 gr	✓	-	✓	-
22.	Sangat Besar	Sangat Besar	68.5 gr	✓	-	✓	-
23.	Sangat Besar	Sangat Besar	68.8 gr	✓	-	✓	-
24.	Sangat Besar	Sangat Besar	69.4 gr	✓	-	✓	-
25.	Sangat Besar	Sangat Besar	67.4 gr	✓	-	✓	-

Klasifikasi ukuran telur dengan pengolahan citra dan Logika fuzzy dibuat untuk mengetahui persentase kinerja dari pengolahan citra dan logika fuzzy dalam mengestraksi ciri fisik ukuran telur, berikut merupakan perhitungannya :

Data klasifikasi ukuran kurang tepat = 4
 Jumlah Data = 25

$$\% \text{ Ketepatan klasifikasi ukuran telur} = \frac{25 - 4}{25} \times 100\% = 84\%$$

Penempatan Telur dengan Robot Mengacu pada sistem Logika fuzzy ditujukan untuk mengetahui unjuk kerja penyortiran telur mengacu pada sistem logika fuzzy, berikut merupakan hasil dari perhitungannya:

Data Tidak Tepat = 2
 Jumlah Data = 25

$$\% \text{ Ketepatan} = \frac{\text{Jumlah Data} - \text{Data Kurang Tepat}}{\text{jumlah Data}} \times 100\% = \frac{25 - 2}{25} \times 100\% = 92\%$$

Penempatan Telur dengan Robot mengacu pada judgement expert ditujukan untuk mengetahui unjuk kerja penyortiran telur mengacu pada sistem *Judgement expert*, berikut merupakan hasil dari perhitungannya:

Data error = 6
 Jumlah Data = 25

$$\% \text{ Ketepatan} = \frac{\text{Jumlah Data} - \text{Data Kurang Tepat}}{\text{jumlah Data}} \times 100\% = \frac{25 - 6}{25} \times 100\% = 76\%$$

$$\% \text{ Tot. Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah \%Ketepatan tiap kondisi}}{\text{jumlah Data tiap kondisi}}$$

$$\% \text{ Tot. Keberhasilan} = \frac{80\% + 80\% + 80\% + 80\% + 100\%}{5}$$

$$\% \text{ Tot. Keberhasilan} = 84\%$$

KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan pembahasan pada Proyek Akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai rancang bangun dari prototype dan implementasi penyortir telur dengan logika fuzzy pada manipulator 6-Degree of freedom.

Untuk mendapatkan kontruksi mekanik dari manipulator robot, akan lebih bagus jika menggunakan bahan dasar yang kuat seperti aluminium ataupun *stainless steel* dengan memaksimalkan sambungan antara *Degree of Freedom* terhadap aktuator servo secara langsung sehingga momen elastisitasnya dapat dikurangi dan lebih *rigid*.

Struktur perancangan elektronik akan lebih bagus jika penempatan port I/O disusun secara efisien dengan mempertimbangkan segala aspek kebutuhan seperti aktuator servo, driver motor maupun sensor.

Pembacaan ukuran telur akan lebih optimal bilamana kamera yang digunakan berjumlah lebih dari satu, tujuannya untuk mengkonfigurasi kamera menjadi *stereo vision* sehingga sudut dari object dapat terbaca dengan optimal dan menghasilkan pembacaan ukuran yang lebih valid.

Sistem yang dibuat pada proyek akhir ini masih bersifat mendasar karena hanya ukuran yang diambil sebagai parameternya, untuk kedepan akan lebih baik lagi jika pembacaan tidak hanya sekedar mencari ukuran, namun kondisi kesegaran telur, warna telur juga harus dapat dijadikan sebagai parameter kualitas telur

DAFTAR PUSTAKA

Dick dan Carey. (2010). Metode ADDIE. Diambil pada tanggal 18 Desember 2016, Dari [Http://en.wikipedia.org/wiki/ADDIE_Model](http://en.wikipedia.org/wiki/ADDIE_Model).

Elektronika Dasar.(2017). Sensor Cahaya. Dari <http://elektronikadasar.info/sensor-cahaya.htm>. Diambil pada tanggal 28 April 2017.

Endra Pitowarno(2006). Robotika Desain, Kontrol dan Kecerdasan.

Kulinologi Indonesia. Menentukan Mutu Telur. Dari <http://kulinologi.co.id/acrobat/index1.php?view&id=900>. Diambil pada tanggal 7 Desember 2016.

Levardy.(2015). Pengertian, Prinsip Kerja, dan Jenis-Jenis Motor DC. Dari <http://any.web.id/pengertian-prinsip-kerja-dan-jenis-jenis-motor-dc.info>. Diambil pada tanggal 18 Desember 2016.

Sri Kusumadewi. (2003). Artificial Intelligence. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo. (2013). Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Syahrul Awaluddin dan Dessy Irmawati.(2016). Pengolahan Citra

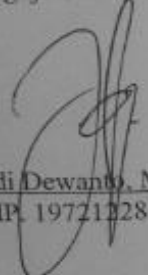
Protoype dan Implementasi Penyortir Telur dengan menggunakan Logika Fuzzy pada Manipulator
6-Degree of Freedom (Haikal Firdiawan Zaky) 9

Protoype dan Implementasi Penyortir Telur dengan menggunakan Logika Fuzzy pada Manipulator
6-Degree of Freedom (Haikal Firdiawan Zaky) 9

Untuk Identifikasi Ukuran Telur.
Electronics, Informatics and Vocational
Education(ELINVO), Volume 1, Nomor 3,
November 2016.

Widodo Budiharto dan Djoko purwanto.(2015).
Robot Vision Teknik Membangun Robot
Cerdas Masa Depan(edisi Revisi).
Yogyakarta: Andi.

Penguji Utama


Adi Dewanto, M.Kom
NIP. 19721128 200501 1 001

Yogyakarta, 25 Agustus 2017
Pembimbing Proyek Akhir


Dr. Fatchul Arifin
NIP. 19720508 198802 1 002