Rancang Bangun Mesin Sortir Biji Kopi Dengan Metode Flc Berbasis Mikrokontroller Dan Computer Vision

Bramastya Wisnu Pratama[1], Baisrum[2], Hari Purnama[3]

[1]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559*
E-mail : bramastya.wisnu.toi18@polban.ac.id
[2]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559*
E-mail : baisrum@polban.ac.id
[3]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559*
E-mail : hari.purnama@polban.ac.id

ABSTRAK

Biji kopi dengan mutu yang baik dapat ditinjau dari karakter fisiknya berupa ukuran, biji kopi memiliki ukuran yang relatif sama. Selain akan menghasilkan kualitas minuman yang baik dapat menaikan harga jual biji kopi tersebut. Namun proses sortasi secara manual dengan tenaga manusia memiliki tingkat akurasi yang tidak tetap karena manusia dapat merasa lelah dan proses sortir yang cukup lama. Oleh karena itu dibutuhkan mesin sortir yang memiliki keakuratan yang baik dengan kecepata penyortiran yang cukup cepat. Pada rancang bangun alat ini biji kopi akan diklasifikasikan berdasarkan 3 klasifikasi ukuran, yaitu kecil(< 10mm), sedang (10mm-15mm), dan besar (>15mm). Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun mesin sortir untuk biji kopi dengan computer vision dan metode FLC (Fuzzy logic Control) untuk pengklasifikasi ukurannya dengan melakukan pengujian akurasi metode FLC dan persentase keberhasilan alat dalam menyortir biji kopi serta mencatat waktu yang dibutuhkan untuk menyortir dengan sampel 100gr biji kopi. Hasil dari pengujian alat yang telah diramcang bangun yaitu proses pendeteksian biji kopi dengan *computer vision* dapat dilakukan dengan mengubah hasil citra RGB ke *greyscale* kemudian menggunakan *Canny Edge Detector* untuk mengetahui luas kontur dari biji kopi sehingga dapat diklasifikasikan sesuai ukuranya selain itu metode FLC memiliki akurasi sebesar 98,46% dan alat dapat menyortir biji kopi sebanyak 100 gr dalam waktu 25 menit dengan tingkat keberhasilan sebesar 95,464%.

Kata Kunci
Biji kopi, mesin sortir, computer vision, fuzzy logic control, mikrokontroller

1. PENDAHULUAN

Berbagai penelitian mengenai pengklasifikasian biji kopi telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Penelitian [3] menyatakan proses sortasi biji kopi dapat dilakukan menggunakan dua variable ukuran yang berbeda. Menggunakan computer vision untuk klasifikasi biji kopi seperti yang dilakukan pada penelitian [4] dengan menguji tujuh pengaturan klasifikasi di mana model kombinasi warna dan ukuran menghasilkan akurasi klasifikasi tertinggi (99%) dari mengklasifikasikan 450 biji selama sekitar 8 menit. Selain itu juga pada penelitian [5] membuat sebuah mesin sortir biji kopi dengan computer vision (pengolahan citra) untuk mendeteksi kecacatan fisiknya dan memperoleh hasil 80%. Ada juga penelitian [6] berhasil mendapatkan keberhasilan paling tinggi 91%, Pengujian tersebut menggunakan jarak minimal deteksi 27 cm dan intensitas cahaya yang terang. Penelitian [7] mengklasifikasikan biji kopi berdasarkan ukuran, kerusakan, dan tingkat panggangan menggunakan computer vision pengklasifikasi kualitas memperoleh akurasi 96,76%, dan pengklasifikasi ukuran mencapai akurasi 100%, pengklasifikasi panggang mendapatkan nilai akurasi dalam kisaran 87% hingga 98%.

Namun tidak menggunakan pengolahan citra saja, ada juga peneliti yang mengkombinasikannya dengan metode Fuzzy logic Control (FLC) dalam proses pengklasifikasiannya. Seperti penelitian [8] yang melakukan perbandingan pengolahan citra dengan metode FLC dan ANN menyatakan metode FLC lebih unggul dengan presentase ketelitian 80% sedangkan ANN hanya 40%. Tidak hanya itu pada penelitian [9] juga melakukan penelitian

dengan pengolahan citra dengan metode FLC namun untuk mendeteksi benih yang scara garis besar sistemnya sama dan mendapatkan hasil yang cukup akurat yaitu 82,5%. Dan ada juga peneliti [10] menggunakan metode FLC mendapatkan persentase error dari pengujian metode fuzzy pada Arduino dengan matlab sebesar 1,57% sedangkan pengujian perhitungan manual dengan matlab sebesar 1,49%.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk deteksi ukuran biji kopi dengan pengolahan citra hanya dilakukan sebatas untuk klasifikasi dan belum dibuat alat sortir dengan aktuator secara langsung, dan 2 penelitian menyebutkan metode FLC memiliki akurasi yang baik dalam pengklasifikasian yaitu diatas 80%. Berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya, pada penelitian ini merumuskan masalah mengenai bagaimana mendeteksi biji kopi dengan *computer vision* serta bagaimana hasil pengklasifikasian biji kopi berdasarkan tiga klasifikasi ukuran menggunakan metode FLC sehingga penelitian ini bertujuan untuk melakukan rancang bangun mesin sortir biji kopi berdasarkan 3 klasifikasi ukuran yaiti kecil (<10mm), sedang (10mm-15mm), dan besar (>15mm) dengan pengolahan citra dimana biji kopi akan bergerak diatas conveyor yang digerakkan oleh motor DC dengan pengendali mikrokontroller dan aktuator untuk menyortir biji kopi menggunakan motor servo yang menerima sinyal pwm dari mikrokontroller, kemudian metode FLC ditambahkan supaya pengklasifikasian lebih akurat dengan target akurasi diatas 90% dan keberhasilan alat dalam menyortir 100 gr biji kopi sebesar 90%.

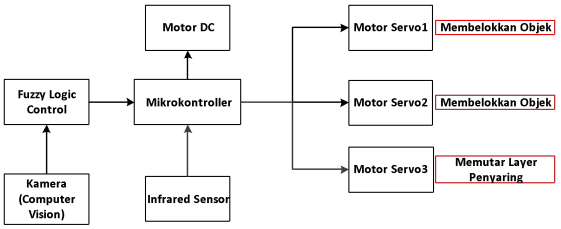
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dibagii dalam sub bagian untuk mempermudah perancangan sistem

17.13 Diagram Blok Sistem

Mikrokontroller yang digunakan yaitu Arduino UNO sebagai pusat kendali sistem, dan aktuator yang digunakan yaitu motor servo, motor dc. Input menggunakan kamera yang difungsikan sebagai sensor dengan menggunakan computer vision, dan infrared sensor untuk mendeteksi adanya objek, kemudian Fuzzy logic control digunakan sebagai metode untuk mengklasifikasikan objek (biji kopi) berdasarkan 3 klasifikasi ukuran.

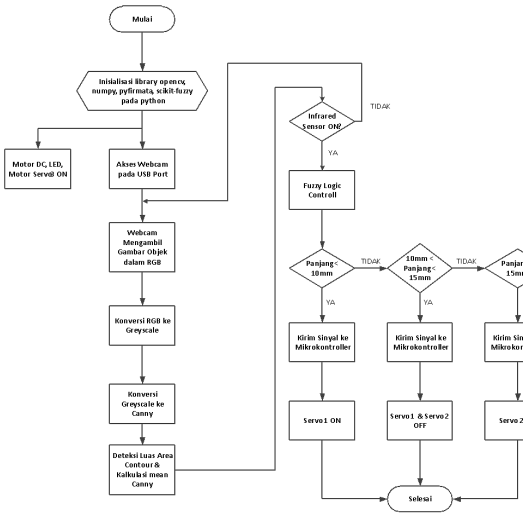
Pada rancangan sistem akan menggunakan conveyor yang digerakkan oleh motor DC 6V, kemudian menggunakan motor servo MG966R untuk membelokkan biji kopi sesuai dengan klasifikasi ukuran, kemudian untuk memutar layer penyaring pada hopper supaya biji kopi keluar satu persatu menggunakan motor servo MG955. Ketiga komponen tersebut dikendalikan oleh mikrokontroller yang terintegrasikan dengan laptop (personal computer), dan dengan menggunakan Fuzzy logic control pada pemrogramannya untuk proses klasifikasi biji kopi. Diagram blok sistem ditunjukkan pada gambarr 1.



Gambar 1.Diagram Blok Sistem

17.14 Diagram Alir Sistem

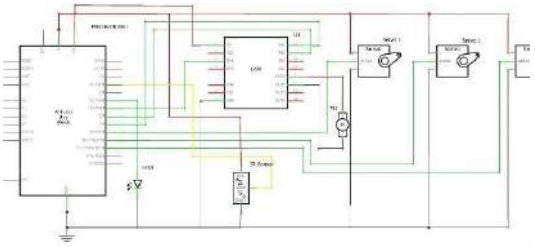
Ketika proses dimulai motor DC akan menyala untuk menggerakkan conveyor dan LED menyala untuk memberikan pencahayaan serta motor servo 3 akan berputar untuk menggerakkan layer penyaring pada hopper supaya biji kopi keluar satu persatu, kemudian kamera menyala dan akan mendeteksi objek yang bergerak diatas conveyor dalam ruang warna RGB kemudian akan dikonversi menjadi ruang warna derajat keabuan (greyscale). Setelah itu hasil konversi derajat keabuan (greyscale) dikonversikan lagi dalam canny edge detection untuk digunakan sebagai threshold dalam mendeteksi nilai luas kontur dari objek (biji kopi) dan secara bersamaan nilai dari canny di rata-rata untuk didapatkan satu nilia canny keseluruhan . Kemudian biji kopi akan melewati infrared sensor yag berfungsi untuk mendeteksi adanya biji kopi sehingga data pembacaan dari sensor kamera berupa luas kontur dan nilai canny akan dikirim menjadi sinyal input FLC untuk menentukan klasifikasi ukuran biji kopi dalam 3 kategori ukuran. Setelah hasil klasifikasi biji kopi telah ditentukan menggunakan FLC mikrokontroller akan memberikan perintah kepada motor servo untuk bergerak sesuai dengan hasil klasifikasi. Untuk detail dari diagram alir sistem tersebut ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2.Diagram Alir Sistem

17.15 Perancangan Rangkaian Sistem

Pada rangkaian sistem mikrokontroller Arduino UNO digunakan sebagai pengendali actuator yaitu motor dc dan motor servo. Selain menggunakan web kamera sebagai input digunakan juga infrared sensor untuk mendeteksi bahwa benda sudah melewati web kamera serta ditambahkan lampu LED untuk pencahayaan kamera supaya dapat mendeteksi objek dengan jelas. Detail rangkaian sistem ditunjukkan pada gambar 3

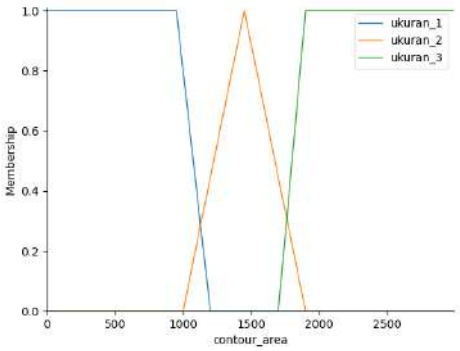


Gambar 3.Rangkaian Sistem

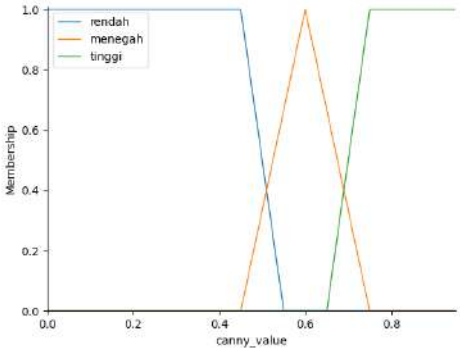
17.16 Perancangan Fuzzy Logic Control

Pada fuzzy logic yang akan menggunakan 2 input yaitu luas kontur dan nilai derajat keabuan yang akan menghasilkan output ukuran biji kopi dalam satuan millimeter (mm).

Input fuzzy logic, pada bagian input memasukkan nilai luas kontur dan nilai rata-rata Canny dengan fungsi keanggotaan pada gambar 4 dan gambar 5

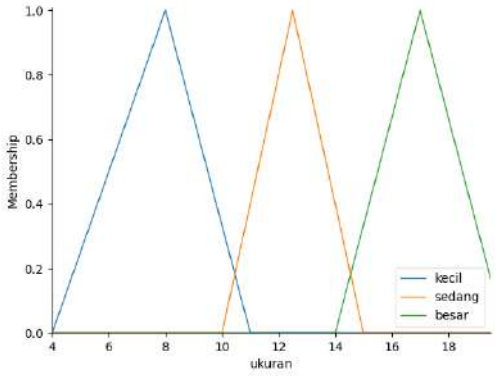


Gambar 4.Fungsi Keanggotaan Luas Kontur



Gambar 5.Fungsi Keanggotaan Nilai Canny

Output fuzzy logic, hasil yang didapatkan dari 2 input tersebut yaitu besarnya ukuran
biji kopi dalam millimeter (mm), fungsi keanggotaan ditunjukkan pada gambar 6

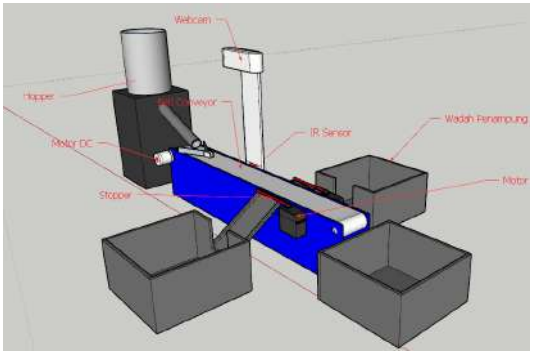


Gambar 6.Fungsi keanggotaan Ukuran Biji Kopi

17.17 Perancangan Hardware

Perancangan hardware mesin sortir menggunakan sistem conveyor dimana objek biji kopi akan berjalan diatas conveyor untuk dirortir berdasarkan ukuran. Pada hardware terdapat beberapa bagian seperti hopper sebagai wadah penampung biji kopi sebelum disortir dengan dilengkapi layer penyaring

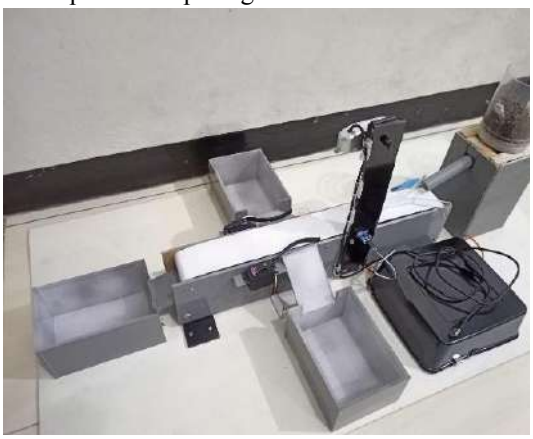
yang digerakkan oleh motor servo, belt konveyor sebagai lintasan biji kopi yang akan disortir dimana konveyor ini digerakkan oleh motor dc, kemudian terdapat webcam yang difungsikan sebagai sensor untuk mendeteksi luas kotur dan nillai canny dari biji kopi, dan terdapat sensor infrared sebagai sensor yang mendeteksi bahwa biji kopi sudah masuk dalam jangkauan kamera, stopper yang digerakkan oleh motor servo digunakan untuk membelokkan biji kopi sesuai dengan klasifikasi ukuran, dan terakhir terdapat 3 wadah sebagai penampung hasil biji kopi yang telah di sortir. Keseluruhan perancangan hardware dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7.Perancangan Hardware

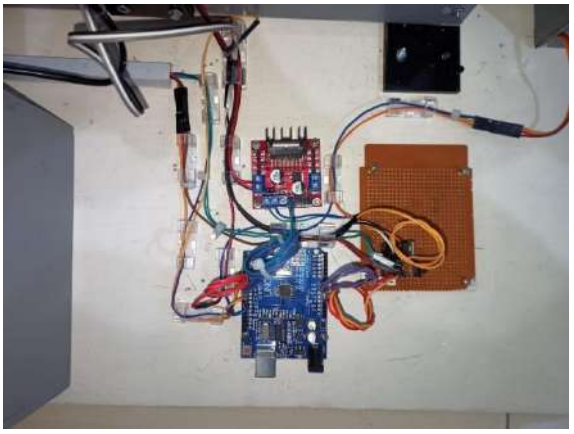
17.18 Realisasi Alat

Pada realisasi alat telah dibuat alat sortir sepanjang 50 cm, lebar 5cm, dan tinggi 10 cm dengan bahan dasar akrilik. Hasil realisasi alat dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8.Realisasi Alat

Rangkaian aktuator dan sensor yang dikendalikan oleh Arduino UNO dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9.Realisasi Rangkaian Sistem

17.19 Pengujian Alat

Hasil rancang bagun akan dilakukan pengujian yang dibagi dalam tiga pengujian yaitu pengujian deteksi biji kopi, pengujian akurasi, dan pengujian penyortiran biji kopi

2.7.1 Pengujian Deteksi Biji Kopi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pendeteksian biji kopi menggunakan *computer vision.* Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan biji kopi dibawah *web camera* yang terhubung ke laptop untuk memproses hasil citra yang ditangkap oleh *web camera* menggunakan *computer vision* dimana hasil citra RGB akan dikonversi ke dalam *greysacle* kemudian dideteksi bagian tepinya menggunakan *canny edge detector* sehingga akan didapatkan nilai luas kontur dan nilai *canny edge detector.*

2.7.2 Pengujian Akurasi

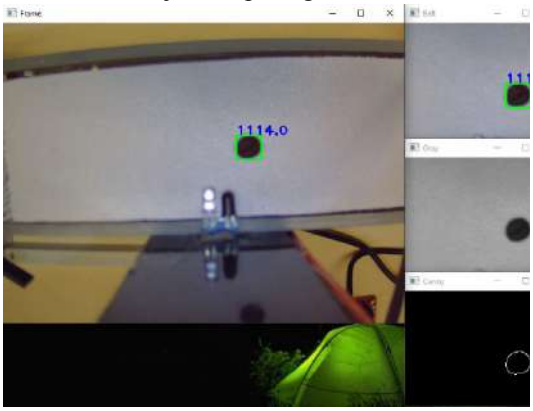
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *error output fuzzy logic control* dalam mengklasifikasikan biji kopi berdasarkan tiga klasifikasi ukuran sehingga akan didapatkan nilai akurasinya. Akurasi yang dimaksud yaitu hasil kemiripan *output fuzzy* dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur biji kopi menggunakan mikrometer sekrup untuk mendapatkan nilai dari pengukuran menggunakan alat ukur kemudian biji kopi yang digunakan tersebut diletakkan dibwah *web camera* untuk dideteksi nilai luas kontur dan nilai *canny edge detector* yang akan dijadikan sebagai input pada *fuzzy* kemudian hasil *output fuzzy* dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan mikrometer sekrup, sehinga dengan melakukan penguian ini akan didapatkan data untuk mengetahui presentasi akurasi *output fuzzy* berdasarkan dengan hasil pengukuran dengan alat ukur.

2.7.3 Pengujian Penyortiran Biji Kopi

Pengujaian ini dilakukan untuk mengetahui persentase keberhasilan alat dalam menyortir biji kopi dan mengetahui waktu penyortiran biji kopi oleh alat yang telah dirancang bangun. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 100gr biji kopi yang akan disortir oleh alat dan pada pemrograman telah deprogram untuk mecatat waktu dan hasil sortir biji kopi, sehingga dengan pengujian ini akan didapatkan persentase keberhasilan alat yang telah dirancang bangun dan waktu penyortiran untuk 100gr biji kopi yang akan dijadikan kapasitas alat sortir biji kopi yang dirancang bangun.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian deteksi biji kopi yang telah dilakukan ditunjukkan pada gambar 10



Gambar 10. Hasil Deteksi Biji Kopi Dengan *Computer Vision*

Dari pengujian deteksi biji kopi didapatkan hasil bahwa pendeteksian biji kopi dengan *computer vision* dilakukan dengan cara mengkonversi hasi citra RGB ke *greyscale* kemudian dideteksi tepinya dengan *canny edge detector* maka akan terdeteksi nilai luas kontur dan nilai *canny edge detector* dari biji kopi tersebut.

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui error dari hasil output fuzzy yang berupa klasifikasi ukuran biji kopi sehingga akan didapatkan akurasi. Error didapatkan dari hitungan dengan rumus yang dicantumkan pada persamaan 1

$$e = \left| \frac{Hasil\ Pengukuran - Hasil\ Pengujian}{Hasil\ Pengukuran} \right| \times 1 \quad (1)$$

Dari pengujian yang telah dilakukan pengukuran biji kopi menggunakan micrometer sekrup ditinjukkan pada gambar sampai dengan gambar.11 sampai dengan gambar.13

Gambar 11.Pengukuran Biji Kopi Ukuran Kecil

Gambar 12.Pengukuran Biji Kopi Ukuran Sedang

Gambar 13. Pengukuran Biji Kopi Ukuran Besar

Dari hasil pengukuran dan pengujian menggukanan fuzzy maka didapatkan data pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Akurasi Output Fuzzy

Contour	Canny	Ukur	Uji	Kategori	Error
846,5	0,400433	7,667	7,55	Kecil	1,52%
1500,5	0,530303	12,5	12,19	Sedang	2,48%
2580,5	0,696248	16,946	17,05	Besar	0,61%
Rata-rata					1,54%

Data yang telah didapatkan dibuat dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 14

Gambar 14. Grafik Hasil Pengukuran dan Pengujian Ukuran Biji Kopi

Dari rata-rata error yang dihasilkan sebesar 1,54 % maka didapatkan hasil rata-rata akurasinya sebesar 98,46%. Error dapat terjadi karena kurang tepat dalam memasukkan nilai parameter pada fuzzy logic, dan nilai luas kontur dan canny yang tidak terlalu stabil saat mendeteksi biji kopi.

Pengujian penyortiran dilakukan untuk mengetahui kapasitas dari mesin sortir saat melakukan penyortiran biji kopi dan *error* mesin sortir saat mendeteksi biji kopi berdasarkan luas kontur dan nilai *canny* dengan menjalankan keseluruhan sistem. Dalam pengujian ini dilakukan penyortiran dengan menggunakan 100gr biji kopi yang belum disortir. Hasil dari pengujian ini ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Akurasi Output Fuzzy

Berat	Berhasil	Gagal	Waktu	Jumlah
100gr	442 biji	21 biji	24 menit 52 detik	463 biji

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada awal biji kopi terdetksi ditunjukkan waktu penyortiran pada pukul 18:04:47dan pada biji kopi terakhir waktu tercatat pukul 18:29:39, sehingga didapatkan waktu penyortiran selama 24 menit 52 detik dapat dibulatkan menjadi 25 menit.

Untuk persentase keberhasilam mesin sortir dapat dihitung dengan rumus:

$$\% = \frac{Jumlah\ Biji\ Kopi\ Berhasil}{Jumlah\ Seluruh\ Biji\ Kopi} \times 100\% \quad (2)$$

$$e = \frac{442}{463} \times 100\%$$

$$e = 95,464\ \%$$

Error terjadi karena terdapat lebih dari satu biji kopi yang masuk pada konveyor sehingga kamera dan sensor mendeteksi lebih dari satu data, dimana biji kopi ada yang baru sebagian masuk di wilayah pendeteksian kamera sehingga nilai luas kontur dan nilai canny belum terdeteksi secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil yang rancang bangun yang telah dilakukan dan juga pengujian dari alat yang telah dirancang bangun dapat disimpulkan bahwa pendeteksian biji kopi dengan menggunakan *computer vision* dapat dilakukan dengan cara mengkonversi hasil citra RGB ke *greyscale* kemudian menggunakan *Canny Edge Detector* untuk medapatkan luas kontur dari biji kopi sehingga dapat mengklasifikasikan ukiran biji kopi.

Pengklasifikasian biji kopi dalam tiga klasifikasi ukuran yaitu kecil, sedang, dan besar dapat dilakukan menggunakan fuzzy logic control dengan input luas kontur dan nilai canny, dengan output *fuzzy* yang dihasilkan mempunyai akurasi rata-rata sebesar 98,46% sehingga akurasi klasifikasi biji kopi pada penelitian ini telah berjalan dengan baik karena telah melampaui target yang ditetapkan yaitu 90%.

Mesin sortir biji kopi yang telah dirancang bangun dapat menyortir biji kopi dalam tiga klasifikasi ukuran yaitu kecil, sedang, dan besar dengan kapasitas 100gr/25menit dengan persentase keberhasilan menyortir biji kopi mencapai 95,464%.

Untuk pengembangan yang dapat dilakukan disarankanmenambahkan variable untuk pengklasifikasian biji kopi yaitu berupa kecacatan aau kerusakan biji kopi sehingga hasil sortir akan lebih berkualitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya selaku penulis serta mahasiswa peneliti mengucapkan kepada semua pihak yang telah memberika dukungan penuh kepada saya selama melakukan penelitian ini. Serta mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan bantuan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. R. Sari and E. Tety, “Analisis Posisi Ekspor Kopi Indonesia Di Pasar Dunia,” Jon Faperta, Riau,vol. 3, no. 1, pp. 7, 2016.

[2] A. Fatih, M. Kabib, and A. Z. Hudaya, “Desain Dan Simulasi Mesin Sortir Biji Kopi Kering Dengan Sistem Penggerak Engkol,” Universitas Muria Kudus,vol. 4, no. 1, pp. 10, 2021.

[3] R. Anugrah, “Rancang Bangun Mesin Sortir Biji Kopi Dengan Kapasitas Rencana 40 Kg/Jam,” Jurnal Ristech (Jurnal Riset, Sains dan Teknologi), Aceh, vol. 3, pp. 5, 2021.

[4] K. N. M. Lumagui, L. J. R. Manuel, E. P. Quilloy, and K. F. Yaptenco, “Varietal Classification of Selected Green Coffee Beans (Coffea arabica L. and Coffea canephora Pierre ex A.Froehner) Using Image Processing Software,” Philippine Journal of Agricultural and Biosistems Engineering, vol. 16, no. 2, pp. 16, 2020.

[5] G. Susanibar, J. Ramirez, J. Sanchez, R. Ramirez, and D. Arroyo, “Development of an Automated Machine for Green Coffee Beans Classification by Size and Defects,” J. Adv. Agric. Technol., Department of Engineering, Pontifical Catholic University of Peru, Lima, Peru, vol.8, no.1, pp. 17–24, 2021, doi: 10.18178/joaat.8.1.17-24.
[6] F. N. Muhammad, E. Setiawan, and I. Sutrisno, “Prototype Sistem Sortasi Buah Kopi Berbasis Image Processing Menggunakan Metode You Only Look Once (YOLO),” Jurnal Conference on Automation Engineering and Its Application, Surabaya, vol. 1, no. 2809, pp. 7, 2021.
[7] J. R. Balbin, C. D. Del Valle, V. J. L. G. Lopez, and R. F. Quiambao, “Grading and Profiling of Coffee Beans for International Standards Using Integrated Image Processing Algorithms and Back-Propagation Neural Network,” in 2020 IEEE 12th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM), Manila, Philippines, Dec. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/HNICEM51456.2020.9400086.
[8] F. Safaat, “Perbandingan Metode Fuzzy Logic Dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Pada Kualitas Biji Kopi Arabika,” Journal Of Academic & Multidicipline Research, Kediri, vol.1,no.1 pp. 7, 2021.
[9] J. A. A. Garcia, E. R. Arboleda, and E. M. Galas, “Identification Of Visually Similar Vegetable Seeds Using Image Processing And Fuzzy logic,” International Journal Of Scientific & Technology Research, Cavite, vol. 9, no. 02, pp. 4, 2020.
[10] M. R. R. Azuhdi, E. Setiawan, and P. Asri, “Sistem Klasifikasi Hasil Sangrai Biji Kopi Berdasarkan Tingkat Kematangan Biji Menggunakan Sensor Spektrum Dengan Metode Fuzzy Logic,” Jurnal Conference on Automation Engineering and Its Application, Surabaya, vol. 1, no. 2809, pp. 6, 2021.
[11] H.Jaya, Desain dan Implementasi Sistem Robotika Berbasis Mikrokontroller, Makassar:Edukasi Mitra Grafika, 2016.
[12] G.B.Garcia,“Learning Image Processing with OpenCV".2015
[13]“OpenCV: Canny Edge Detector”. https://docs.opencv.org/4.x/da/d5c/tutorial_canny_detector.html (accessed: Jun. 18, 2022.)
[14] H. A. Dharmawan, "Mikrokontroler: Konsep Dasar dan Praktis". Universitas Brawijaya Press, 2017.
[15] “UNO R3 | Arduino Documentation.” https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3 (accessed Feb. 19, 2022).
[16] P. Harahap, B. Oktrialdi, and C. Cholish, “Perancangan Conveyor Mini untuk Pemilahan Buah Berdasarkan Ukuran yang Dikendalikan oleh Mikrokontroller Atmega16,” Pros. Semin. Nas. Teknoka, vol. 3, pp. 37, Dec. 2018, doi: 10.22236/teknoka.v3i0.2818.