

Perancangan Sistem Sortir Buah Kopi Berdasarkan Warna Dengan Teknik Citra Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega 328p

Teuku Rizki Nanda^{#1}, Zulhelmi^{#2}, Mohd.Syaryadhi^{#3}

[#] *Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7 Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia*

¹teukurizkinanda@gmail.com

²zulhemi@unsyiah.ac.id

³syaryadhi@unsyiah.ac.id

Abstrak— Kopi merupakan salah satu komoditas ekspor yang menghasilkan devisa cukup tinggi bagi Indonesia. Untuk meningkatkan mutu dan nilai ekspor di Dunia tentunya membutuhkan adanya kopi yang berkualitas baik. Kualitas buah kopi dapat ditentukan pada saat proses panen terjadi. Tingkat kematangan buah kopi dapat dilihat dari warnanya yang mana buah yang telah matang ditandai dengan warna merah cerah. Proses yang dilakukan setelah panen buah kopi dikumpulkan pada suatu tempat lalu dilakukan penyortiran berdasarkan tingkat kematangannya. Saat ini penyortiran dilakukan secara manual oleh petani yang mana hasilnya kurang akurat dan efektif. Penelitian ini menawarkan sistem otomatisasi dapat membantu para petani dalam proses penyortiran sehingga dapat mengklasifikasi buah kopi sesuai dengan tingkat kematangan. Citra buah kopi diperoleh dengan kamera dan diproses menggunakan Matlab yang terintegrasi dengan sistem. Citra tersebut diolah dengan melihat nilai RGB pada setiap citra yang diambil untuk menentukan kelompok warna buah yaitu merah, *orange* dan hijau. Buah dengan 3 kategori tersebut akan dikelompokkan dengan suatu sistem pemilah dibawah kendali Atmega 328p. Penelitian ini menghasilkan rancangan prototipe sistem pemilahan buah kopi berdasarkan warna yang mampu mengelompokkan berdasarkan warna dengan memanfaatkan metode pengolahan citra. Dari hasil penelitian yang dilakukan dari 90 sampel buah kopi keakuratan dari masing-masing kategori yang terdiri dari 30 buah kopi berwarna merah adalah 93,333%, 30 buah kopi berwarna *orange* adalah 100% dan 30 buah kopi berwarna hijau adalah 86,666% dengan waktu pemilahan rata-rata perbuah 10,463924 detik.

Kata Kunci— Buah kopi, Sortir, Warna buah, Pengolahan citra digital, RGB.

I. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Kopi tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa

petani kopi di Indonesia [1]. Keberhasilan agribisnis kopi membutuhkan dukungan semua pihak yang terkait dalam proses produksi kopi pengolahan dan pemasaran komoditas kopi.

Beberapa faktor yang menyebabkan kurang baiknya mutu buah kopi yang dihasilkan antara lain kurangnya sarana pengolahan. Lemahnya pengawasan mutu serta penerapan teknologi pada seluruh tahapan proses buah kopi. Salah satu permasalahan yang dihadapi petani mengenai mutu adalah kurang seragamnya tingkat kematangan buah kopi yang dihasilkan. Permasalahan ini terjadi dikarenakan para petani dan pedagang pengumpul buah tidak melakukan penyortiran yang benar [2]. Tingkat kematangan buah kopi yang seragam merupakan kriteria yang penting dalam menyeleksi kopi. Tingkat kematangan sangat mempengaruhi kualitas dan rasa dari hasil pengolahan buah kopi menjadi bubuk sehingga mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan.

Pada masa sekarang masyarakat masih banyak yang melakukan penyortiran kopi dengan cara tradisional. Para petani membutuhkan pekerja untuk memisahkan satu per satu buah kopi berdasarkan tingkat kematangannya. Proses ini akan membutuhkan banyak biaya tenaga kerja serta dapat menimbulkan kesalahan karena penglihatan manusia tidaklah semua sama. Berdasarkan masalah tersebut, pada penelitian ini akan dirancang suatu alat yang mampu menyortir kualitas buah kopi berdasarkan warna dengan memanfaatkan metode pengolahan citra. Citra dari buah kopi diperoleh menggunakan kamera yang terintegrasi pada sistem. Citra tersebut diolah dengan menggunakan metode perbandingan nilai RGB setiap citra. Buah kopi dengan nilai RGB tertentu akan dikelompokkan dengan suatu sistem pemilahan dibawah kendali Arduino. Hasilnya buah kopi tersebut dapat dipisahkan sesuai dengan kualitas dan akurat.

II. DASAR TEORI

A. Buah Kopi

Kopi merupakan salah satu minuman yang paling terkenal di kalangan masyarakat. Kopi digemari karena memiliki

citarasa dan aroma yang khas [2]. Kopi merupakan tanaman berbentuk pohon yang termasuk dalam keluarga Rubiaceae dan genus *coffea*, tumbuh tegak, bercabang dan bila dibiarkan dapat tumbuh mencapai tinggi 12 meter. Di dunia perdagangan dikenal beberapa golongan kopi, akan tetapi yang paling sering dibudidayakan adalah kopi arabika (*Coffea arabica*) dan kopi robusta (*Coffea canephora*) [3].

B. Citra Digital

Citra dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$ di mana x dan y adalah elemen citra yang disebut dengan piksel dan amplitudo f pada setiap pasang (x,y) disebut intensitas (*gray level*). Jika x dan y berhingga (finite) dan diskrit (tidak kontinu) maka disebut citra digital [4].

Citra digital terdiri atas piksel-piksel berukuran kecil yang membentuk sebuah bentuk gambar yang dapat dilihat dengan mata. Semakin banyak piksel dalam sebuah gambar citra digital, maka kualitas gambar tersebut akan semakin baik. Kepadatan piksel-piksel yang ada dalam gambar ini disebut resolusi.

1) *Warna pada citra digital*: Ada beberapa jenis pewarnaan pada citra digital, yaitu warna hitam-putih (*black and white*), *grayscale*, dan citra berwarna. Citra hitam putih disebut juga citra satu bit, karena satu piksel hanya perlu direpresentasikan dengan satu bit data. Namun dari segi kualitas kurang baik karena hanya terdiri dari dua warna, hitam dan putih. Pada pewarnaan *grayscale*, warna yang tersedia hanyalah warna diantara hitam dan putih. Oleh karena itu tidak terlalu banyak warna yang ditampilkan pada citra grayscale. Namun kualitas yang dihasilkan lebih baik daripada citra warna hitam putih. Pada pewarnaan *grayscale*, perubahan warna antara dua piksel yang berdekatan tidak terlihat signifikan sehingga gambar lebih mudah dicerna [5].

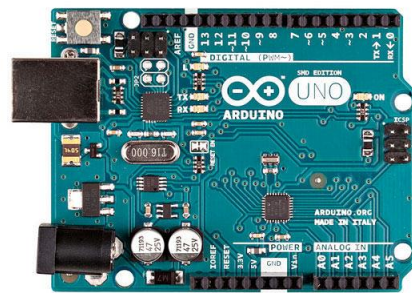
2) *Metode edge detection Robert cross*: Pada teorinya, operator Roberts' Cross terdiri dari sepasang matriks konvolusi 2×2 . Satu matriks merupakan hasil rotasi 90 derajat terhadap matriks lainnya. Operator sederhana ini memeriksa sebuah piksel tambahan pada satu arah gradient tetapi karena yang diperiksa adalah piksel dalam arah diagonal, maka secara keseluruhan piksel-piksel yang terlibat membentuk jendela matriks 2×2 . Bentuk jendela yang demikian lebih menekankan pemeriksaan pada kedua arah diagonal, dari pada arah horizontal atau arah vertikal, sehingga perbedaan yang terletak pada sisi-sisi miring objek akan terdeteksi dengan lebih baik [6].

3) *Color Image atau RGB*: Pada color image ini masing-masing piksel memiliki warna tertentu, warna tersebut adalah merah (Red), hijau (Green) dan biru (Blue). Jika masing-masing warna memiliki range 0-255, maka totalnya adalah $255^3 = 16.581.375$ (16 K) variasi warna berbeda pada gambar, dimana variasi warna ini cukup untuk gambar apapun. Karena jumlah bit yang diperlukan untuk setiap *pixel*, gambar tersebut juga disebut gambar-bit warna. *Color image* ini terdiri dari

tiga matriks yang mewakili nilai-nilai merah, hijau dan biru untuk setiap pikselnya [7].

C. Mikrokontroler Arduino Uno

Salah satu jenis mikrokontroler adalah Arduino Uno yang merupakan kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal oscillator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu mensupport mikrokontroler agar dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB [8].



Gambar 1. Arduino Uno

D. Web Camera

Webcam adalah sebuah PC Camera yang dikoneksikan ke internet. Webcam secara luas mulai digunakan sekitar satu dekade yang lalu oleh banyak aplikasi dan dunia web. Webcam merupakan kamera-kamera kecil yang dapat dipasang pada bagian atas monitor computer dan dapat menangkap video serta gambar, kemudian langsung menyimpannya dalam hard drive computer kita [9]. Resolusi dari kamera ini adalah 640×480 .



Gambar 2. Web Kamera

E. Motor Servo

Servomechanism atau disingkat servo adalah suatu perangkat yang digunakan untuk memberikan kontrol mekanik pada suatu jarak. Servomotor mempunyai keluaran *shaft* (poros). Poros ini dapat ditempatkan pada posisi sudut spesifik dengan mengirimkan sinyal kode pada saluran kontrol servomotor. Selama sinyal kode ada di saluran kontrol, servo akan tetap berada di posisi sudut poros. Bila sinyal kode berubah, posisi sudut poros berubah. Aplikasi servo banyak ditemui pada radio control pesawat terbang model (aeromodelling), mobil radio kontrol, boneka mainan, dan tentunya robot [10].



Gambar 3. Motor Servo

F. High Power Led

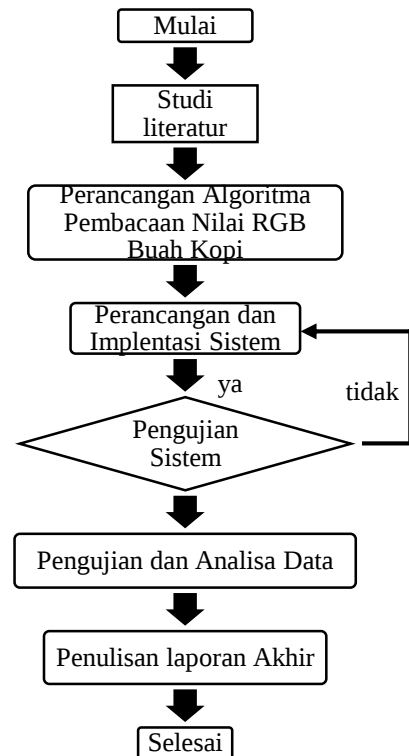
LED sendiri adalah *Light Emitting Diode*, yaitu suatu komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya saat diberi arus. *High Power LED* (HPL) adalah LED yang bekerja dengan beberapa ratus mA sampai beberapa A. High power LED juga, sesuai dengan namanya, dapat memancarkan cahaya lebih dari 1 W. HPL biasanya digunakan penerangan outdoor atau penerangan dalam industri. Penggunaan HPL bertujuan untuk menghemat biaya, karena HPL membutuhkan arus dan tegangan yang relative lebih kecil dibanding lampu pijar atau lampu neon, tetapi masih memiliki lumen yang lebih besar [11].



Gambar 4. High Power Led

III. METODE PENELITIAN

Dalam metode penelitian ini dibahas metode-metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini. Diagram berikut merupakan tahap yang dilaksanakan dalam melakukan penelitian ini.



Gambar 4. Diagram Alir Tahapan Penelitian

A. Perancangan Algoritma Pembacaan Nilai RGB Buah Kopi

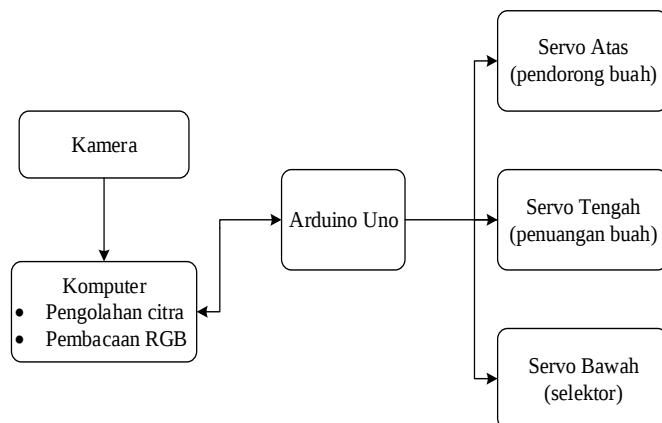
Pada tahap ini dilakukan pengambilan sampel dari buah kopi yang akan dipakai untuk acuan dasar program. Kamera akan mengambil gambar beberapa sampel buah kopi diantaranya merah terang, merah orange, kuning dan hijau. Lalu gambar yang telah didapat akan diproses oleh Matlab dengan menampilkan nilai RGB dari sampel-sampel tersebut. Nilai RGB yang telah didapat dicari rata-ratanya lalu digunakan sebagai dasar nilai untuk klasifikasi kualitas buah kopi.

Alur dari prinsip rancangan algoritma pengukuran buah kopi. Pertama citra dari buah kopi yang telah diambil oleh kamera diubah menjadi gray scale untuk memperkecil jumlah rentang warna pada suatu citra. Melakukan Konvolusi Operator Roberts untuk mendapatkan tepi objek yang lebih tegas. Melakukan proses Thresholding untuk mempertegas warna yang masih keabu-abuan menjadi putih ataupun hitam. Melakukan filling holes untuk menghilangkan lubang-lubang pada gambar objek sehingga menghasilkan gambar objek yang solid. Melakukan crop area objek, sehingga didapat

objek yang ingin dicari nilai RGBnya. Mendapatkan jumlah nilai RGB pada objek yang telah di crop.

B. Perancangan Sistem

Sistem ini menggunakan mikrokontroler ATmega328P, yang terdapat pada board Arduino Uno sebagai pengolah data dan penyimpan program. Kamera sebagai alat untuk mengambil citra dari buah kopi, kamera yang digunakan adalah kamera *webcam* yang beresolusi 640×480. Komputer untuk menjalankan software pengolahan citra yaitu aplikasi Matlab. Pada aplikasi Matlab dibuat suatu program untuk membaca nilai RGB dari citra yang telah diambil oleh kamera. Hasil pembacaan citra kamera yang berupa nilai RGB kemudian dikirim ke mikrokontroler ATmega328P. Output dari mikrokontroler berupa sinyal digital yang nantinya menjadi input ke motor servo agar bergerak ke arah yang telah ditentukan didalam program. Motor servo yang digunakan adalah motor servo MG90s yang berfungsi sebagai aktuator pada sistem. Prinsip kerja dari sistem dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram Prinsip Kerja Sistem

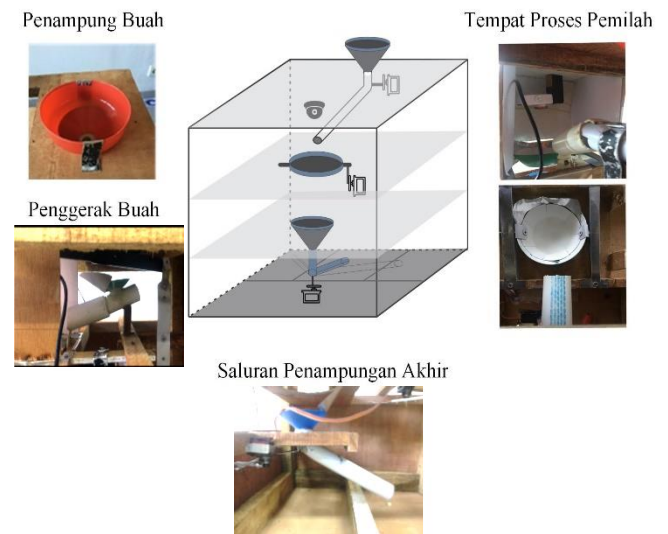
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Desain Prototipe

Prototipe pemilah buah kopi dirancang dengan ukuran 40×40×40 cm yang dibuat menggunakan bahan kayu, pipa dan ber dinding triplek. Pada prototipe ini terdapat 4 penampungan yang mana penampung awal berada diatas yang berfungsi menampung buah kopi yang akan disortir, sedangkan 3 penampung lainnya terdapat dibawah yang berfungsi sebagai penampungan buah kopi yang telah disortir. Di dalamnya terdapat 3 servo, 1 kamera, 2 LED dan sistem yang telah dibuat. Desain dari prototipe sistem pemilah buah kopi dapat dilihat pada Gambar 6.

Alat-alat yang digunakan untuk merancang sistem penyortiran buah kopi terdiri dari mikrokontroler, motor servo, pipa, kamera, komputer dan tempat penampungan. Penampung buah kopi yang digunakan berdiameter 15 cm

yang terbuat dari corong yang dipotong bagian bawahnya. Penampung ini dapat menampung sekitar ½ kg buah kopi.



Gambar 6. Desain Prototipe

Kamera yang digunakan adalah kamera *webcam*, digunakan untuk mengambil citra warna pada buah kopi. Warna yang dipilih adalah warna yang sesuai dengan kriteria. Kamera yang digunakan memiliki resolusi 640×480. Kamera diletakkan 10 cm dibagian atas tempat pemilahan. Di samping kamera dipasang dua buah LED digunakan pada tempat pemilahan buah yang bertujuan untuk menerangi tempat pemilahan agar tidak terpengaruh dengan cahaya luar. LED diletakkan dibagian sebelah kanan dan kiri atas kotak.

Servo yang digunakan untuk servo atas adalah motor servo MG995 berfungsi sebagai penahan antara penampung dan pipa jalur buah yang akan ditangkap. Servo ini bekerja dengan mendorong buah kopi satu per satu menuju tempat penyortiran dan berlanjut sampai buah yang ada di penampungan habis. Untuk servo tengah digunakan motor servo MG90s, servo tengah terhubung dengan tempat pemilahan yang berdiameter 10 cm berguna untuk menjatuhkan buah kopi yang sudah selesai ditangkap oleh kamera menuju ke penampungan akhir. Servo bawah terhubung dengan pipa saluran yang memiliki panjang 16 cm berfungsi untuk menempatkan buah yang telah dipindai kedalam penampungan sesuai klasifikasi buah.

Komputer digunakan untuk menjalankan Matlab, *software* pengolah gambar buah kopi yang diambil oleh kamera, kemudian dari nilai RGB yang didapat maka dilakukan pemilahan buah kopi yang berwarna merah, *orange* dan hijau. Komputer akan terhubung dengan mikrokontroler, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno yang berfungsi sebagai pengendali motor servo berdasarkan input yang diterima oleh komputer. Pipa jalur yang digunakan adalah pipa paralon ukuran ¾ inci dengan panjang 15 cm yang

berguna untuk menyalurkan buah dari penampungan menuju tempat pemilahan.

B. Pengujian

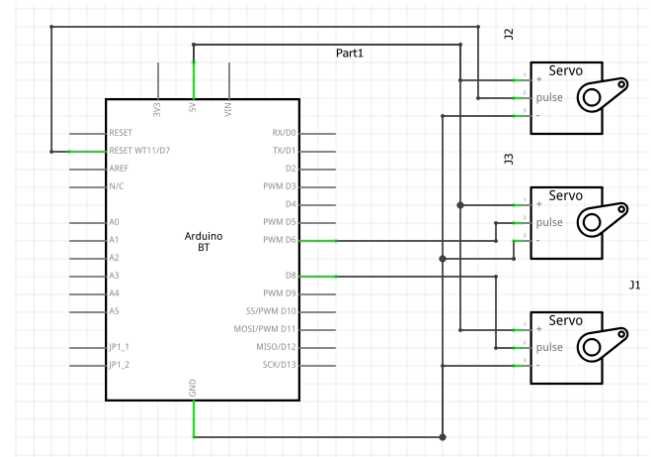
1) *Pengujian pengambilan gambar oleh kamera:* Pengujian pengambilan gambar oleh kamera dilakukan dengan mengaktifkan kamera melalui matlab lalu melihat posisi kamera harus berada di tengah dengan jarak antara kamera dan objek 10 cm. Setelah posisi kamera sudah baik lalu diletakkan 3 buah kopi dengan warna berbeda yaitu merah, kuning dan hijau. Percobaan dilakukan dengan melihat warna masing-masing buah kopi apakah warna yang dihasilkan dari pengambilan gambar oleh kamera sesuai dengan warna asli dari buah kopi tersebut. Pengujian kamera ini bertujuan untuk memastikan kamera dapat bekerja dengan baik. Hasil dari pengambilan gambar oleh kamera dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian Pengambilan Gambar Oleh Kamera

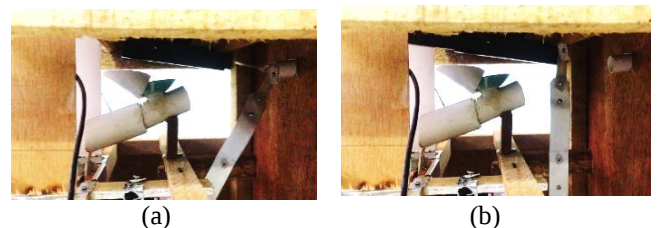
Setelah hasil citra dari sampel masing-masing didapat, maka dengan algoritma atau program yang telah dibuat hasil dari pengujian didapatkan seperti Gambar 4.3. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa kamera dapat membedakan warna dari ketiga sampel warna yang diuji. Citra yang dihasilkan dari kamera ini beresolusi 640×480. Dengan ini, kamera telah dapat digunakan untuk memilah buah kopi yang menjadi objek penelitian ini.

2) *Pengujian motor servo:* Motor servo yang digunakan pada prototipe adalah motor servo MG90s, terdapat 3 buah motor servo yang mana ketiga motor servo tersebut memiliki fungsi yang berbeda. Motor servo pertama berfungsi sebagai pendorong buah dari penampungan awal menuju tempat pemilahan, motor servo yang kedua berfungsi untuk menjatuhkan buah yang telah disortir dan servo yang ketiga berfungsi sebagai pembawa buah yang telah disortir menuju ke penampungan akhir. Pengujian motor servo ini dilakukan secara terpisah dengan rangkaian seperti Gambar 8.



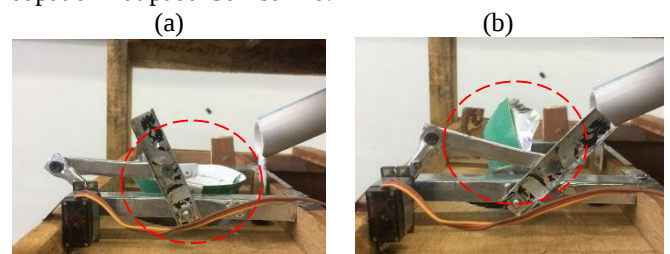
Gambar 8. Rangkaian Motor Servo

Servo pertama merupakan servo pendorong bekerja berdasarkan perintah mikrokontroler sebagai pendorong buah kopi dari penampungan awal menuju tempat pemilahan berlangsung. Mikrokontroler akan memberi tegangan sebesar 4,35V kepada motor servo untuk bergerak dari 0° sampai 90° dan kembali lagi ke posisi 0° dan terus berulang. Pengujian yang dilakukan pada servo pertama ini adalah pergerakan servo agar presisi sesuai dengan posisi yang telah ditentukan. Hasil dari pengujian servo pertama dapat dilihat pada Gambar 9.



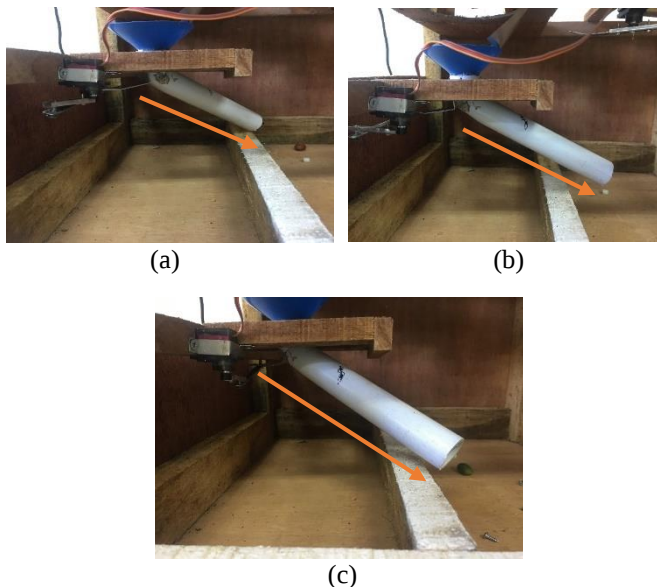
Gambar 9. Posisi servo pertama (a) posisi awal (b) posisi mendorong buah

Servo kedua terdapat pada proses pemilahan yang dikaitkan dengan wadah tempat pemilahan. Servo ini akan menerima perintah dari mikrokontroler lalu mikrokontroler memberikan tegangan sebesar 4,28V untuk menggerakkan motor servo sebesar 90° menuangkan buah kopi setelah kamera melakukan pengambilan citra buah kopi dan kembali lagi ke posisi awal. Hasil dari pengujian motor servo kedua ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Posisi servo kedua (a) posisi awal (b) posisi menuangkan buah

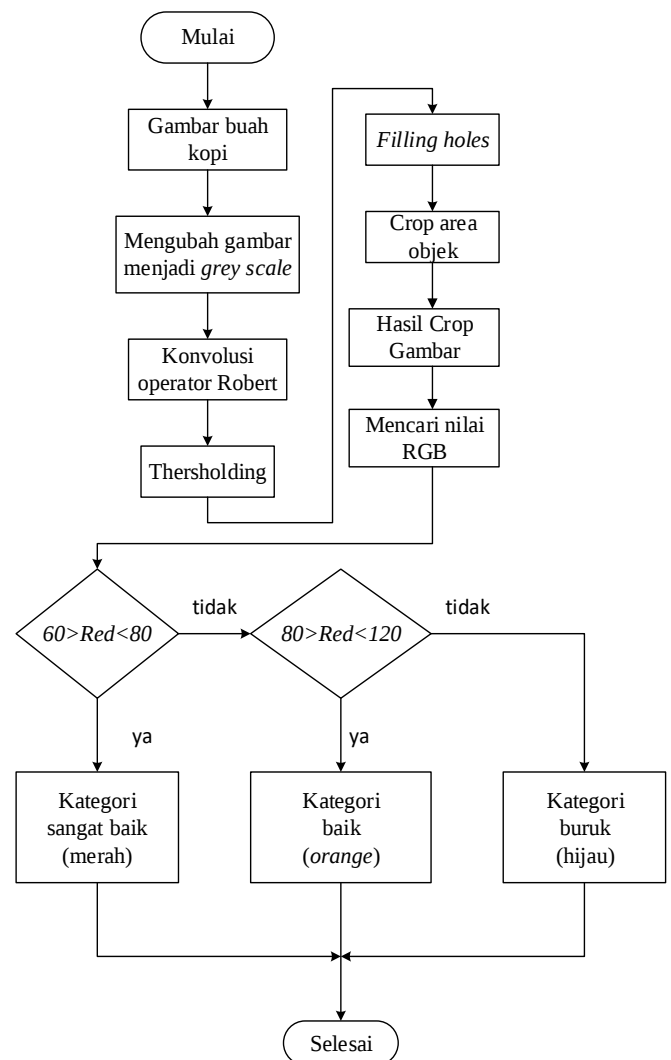
Servo ketiga berfungsi sebagai pembawa buah kopi hasil pemilahan menuju penampungan akhir. Servo ini bekerja setelah mikrokontroler memberikan perintah berdasarkan hasil pemilahan buah kopi. Servo akan bergerak ke arah kiri atau 40° apabila hasil pembacaan buah kopi berkualitas baik, lalu servo akan bergerak ke arah tengah atau 90° apabila hasil pembacaan buah kopi berkualitas buruk dan servo akan bergerak ke arah kanan atau 140° apabila hasil pembacaan buah berkualitas sedang. Hasil dari pengujian servo ketiga ini dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Posisi servo ketiga (a) posisi untuk buah kopi berwarna merah (b) posisi untuk buah kopi berwarna hijau (c) posisi untuk buah berwarna hijau dan lainnya

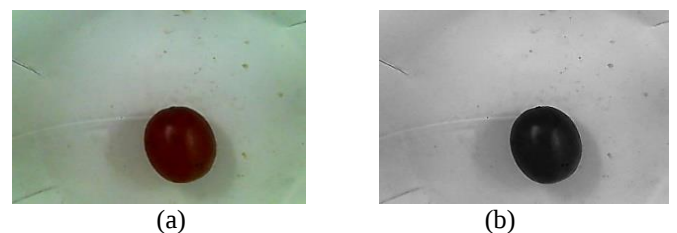
3) *Proses pengolahan citra untuk menentukan warna buah kopi*: Proses pengolahan citra untuk menentukan kualitas buah kopi dimulai dari pengambilan gambar buah kopi diambil oleh kamera webcam yang terpasang di atas wadah pemilah. Gambar yang telah diambil akan diubah menjadi gray scale untuk memperkecil jumlah rentang warna pada gambar buah kopi. Kemudian dilakukan konvolusi operator Robert untuk mendapatkan tepi objek yang lebih tegas. Kemudian dilakukan proses Thresholding untuk mempertegas warna yang masih keabu-abuan menjadi putih ataupun hitam tergantung kedalaman warna keabuan dari tiap pixel nya. Gambar yang dihasilkan dari proses Thresholding memiliki warna yang tidak merata, maka dilakukan proses filling holes untuk menghilangkan lubang-lubang pada gambar objek sehingga menghasilkan gambar objek yang solid. Kemudian dilakukan crop area objek pada hasil citra. Setelah objek di crop maka dicari nilai RGB dari tiap-tiap citra yang diambil. Apabila nilai red bernilai diantara 65 sampai 80 maka buah kopi berwarna merah. Apabila nilai red bernilai lebih besar dari 80 maka buah kopi berwarna orange. Apabila nilai red lebih kecil dari 65 maka buah kopi berwarna hijau.

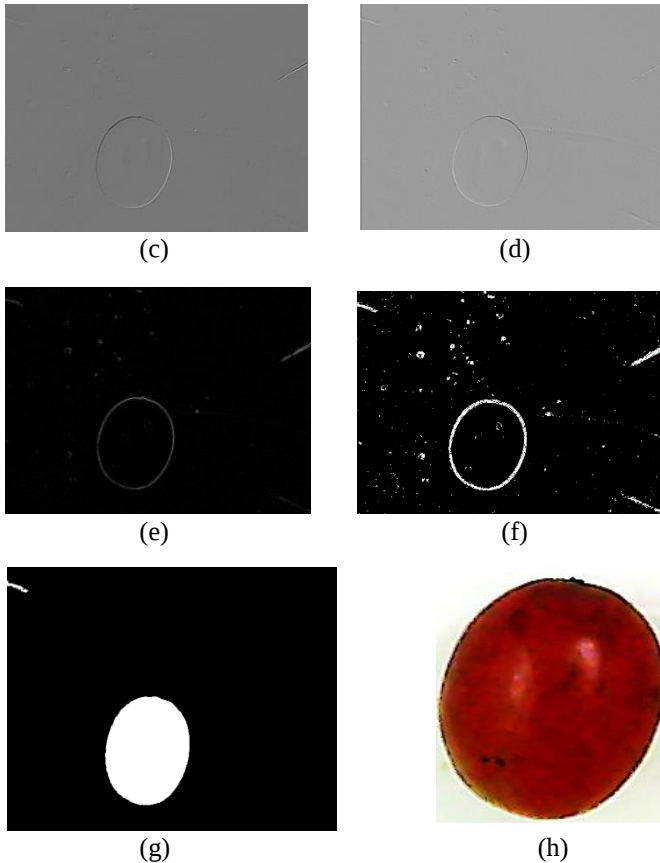
Flowchart proses pengolahan citra untuk menentukan kualitas buah kopi dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Flowchart Pemilahan Buah Kopi

Nilai yang *red* yang menjadi nilai acuan pemilahan buah kopi didapat dari pengujian beberapa sampel buah kopi. Dari hasil pengujian, nilai *red* menunjukkan perbedaan yang cukup besar dari 3 warna buah kopi yaitu merah, oren dan hijau. Perbedaan nilai *red* tersebut dicari rata-ratanya dan dibuat range nilai dari masing-masing kategori yang akan dipisah. Contoh gambar dari salah satu sampel yang diambil dapat dilihat pada Gambar 13.





Gambar 13. Algoritma pemilahan buah kopi (a) foto buah kopi; (b) gray scale; (c) konvolusi operator Roberts horizontal; (d) konvolusi operators Robert vertikal; (e) penjumlahan konvolusi Roberts horizontal dan vertikal; (f) thresholding; (g) filling holes; (h) crop area objek.

C. Sistem Sortir Buah Kopi

Sistem dari pemilah buah kopi ini bekerja dengan menggunakan kamera sebagai sensor warna yang dioperasikan melalui komputer, *software* Matlab sebagai pengolahan citra, motor servo sebagai penggerak dan Arduino uno sebagai mikrokontroler. Buah kopi akan disensor oleh kamera untuk mendapatkan nilai RGBnya, lalu nilai RGB tersebut dikirim ke Arduino uno sebagai input untuk menentukan klasifikasi buah kopi berdasarkan warnanya.

Prinsip kerja dari prototipe adalah ketika program dijalankan maka motor servo pertama yang merupakan servo pendorong akan aktif. Servo mendorong satu buah kopi dari penampungan awal, kemudian buah kopi akan menuju ke wadah pemilahan melalui pipa jalur. Setelah kopi berada di wadah pemilahan, kamera akan mengambil citra buah kopi yang diolah oleh komputer dengan menggunakan Matlab. Citra yang telah diambil lalu *dicrop* dan dicari nilai RGB citra, proses ini memerlukan waktu 5 detik. Nilai RGB yang didapat akan dikirim Arduino uno. Arduino uno yang berfungsi sebagai mikrokontroler akan menggunakan nilai RGB sebagai nilai input untuk menggerakkan arah servo ketiga yang berfungsi sebagai selektor. Setelah motor servo ketiga

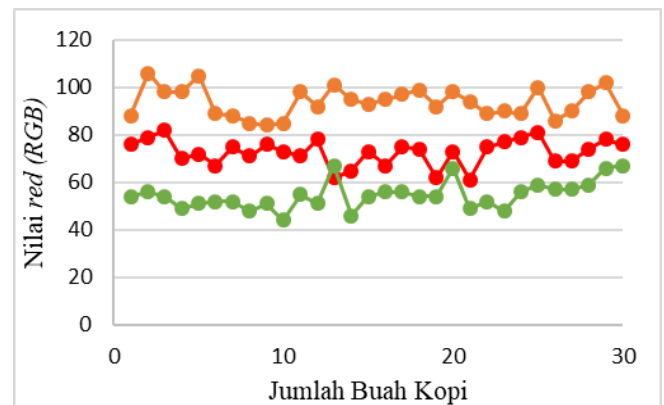
bergerak ke arah yang sesuai dengan inputan nilai RGB maka servo kedua akan menuangkan wadah sehingga buah kopi akan jatuh menuju ke penampungan akhir.

Pada sistem ini nilai yang dipakai sebagai acuan klasifikasi buah hanya nilai red saja, karena dari hasil pengujian nilai red menunjukkan perbedaan yang signifikan. Apabila nilai red bernilai antara 65 sampai 80 maka servo ketiga akan bergerak ke kiri yang berarti buah kopi berwarna merah. Apabila nilai red bernilai lebih besar dari 80 maka servo ketiga akan bergerak menuju ke kanan yang berarti buah kopi berwarna orange. Apabila nilai red bernilai lebih kecil dari 65 maka servo ketiga akan bergerak menuju ke tengah yang berarti buah kopi berwarna hijau.

Setelah motor servo ketiga bergerak menuju salah satu arah (kiri, kanan atau tengah), maka Arduino akan memberikan perintah untuk servo kedua. Servo kedua yang terkait dengan wadah pemilah berfungsi menuangkan buah kopi yang telah disortir oleh kamera menuju ke penampungan akhir melalui jalur pipa yang terkait dengan servo ketiga sesuai kualitas masing-masing buah. Semua proses akan berulang sampai buah kopi di penampungan awal habis.

D. Data Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 90 sampel buah kopi yang terdiri dari 30 buah kopi berwarna merah, 30 buah kopi berwarna *orange* dan 30 buah kopi berwarna hijau. Pada pengujian ini nilai RGB yang dipakai hanyalah nilai *red*, hal itu dikarenakan nilai *red* yang mengalami perubahan yang signifikan. Apabila nilai *red* bernilai antara 65 sampai 80 maka buah kopi berwarna merah. Apabila nilai *red* bernilai lebih besar dari 80 maka buah kopi berwarna *orange*. Apabila nilai *red* lebih kecil dari 65 maka buah kopi berwarna hijau. Hasil dari pembacaan nilai RGB buah kopi berwarna merah, *orange* dan hijau dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Perbandingan nilai *red* pada sampel

Pengujian pemilah warna buah kopi dilakukan dengan membandingkan hasil pengamatan dengan mata peneliti dan hasil pembacaan oleh sistem. Dari 90 sampel buah kopi yang diuji terdapat 2 buah kopi yang berwarna merah dan 4 buah kopi berwarna hijau yang tidak sesuai antara pengamatan dan pembacaan sistem. Keakuratan pemilahan 30 sampel buah

kopi berwarna merah adalah 93,333%, pemilahan 30 sampel buah berwarna *orange* adalah 100% dan pemilahan 30 sampel berwarna hijau adalah 86,666%.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN

Sampel Buah	Jumlah Sampel	Hasil Pengujian Sistem		Persentase Keberhasilan
		Sesuai	Tidak Sesuai	
Merah	30	28	2	93,333%
Orange	30	30	0	100%
Hijau	30	26	4	86,666%

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa sistem ini sudah dapat berkerja dengan akurat. Faktor penyebab adanya kesalahan dalam pengujian dikarenakan oleh pemilihan kamera yang beresolusi rendah dan faktor cahaya yang mempengaruhi pada saat pengambilan gambar. Waktu untuk pemilahan buah kopi rata-rata 10,463924 detik perbuah.

V. KESIMPULAN

Dari perancangan prototipe yang telah dilakukan, sistem sortir telah diuji dan mampu menyortir buah kopi berdasarkan warna yaitu merah, hijau dan orange sesuai dengan yang diharapkan. Waktu yang dibutuhkan untuk menyortir 1 buah kopi adalah 10,463924 detik.

Hasil pengujian dari algoritma pemilahan buah kopi, sistem telah dapat mengenali dari 90 sampel buah kopi yang terdiri dari 30 buah kopi berwarna merah, 30 buah kopi berwarna *orange* dan 30 buah kopi berwarna hijau. Keakuratan pemilahan 30 sampel buah kopi berwarna merah adalah 93,333%, pemilahan 30 sampel buah berwarna *orange* adalah 100% dan pemilahan 30 sampel berwarna hijau adalah 86,666%. Untuk keakuratan dari seluruh sampel buah kopi yang diuji yaitu sebanyak 90 buah adalah 93,333%.

REFERENSI

- [1] P. Rahardjo. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta, Penebar Swadaya, 2013.
- [2] S. Najiyati and Danarti. *Kopi Budi Daya dan Penanganan Pascapanen*. Jakarta, Penebar Swadaya, 1997.
- [3] D. Kristiyanto, B. D. Haris P and Abdullah. *Penurunan Kadar Kafein Kopi Arabika Dengan Peoses Fermentasi Menggunakan Nopkor MZ 15*. vol. 2, pp. 170-176, 2013.
- [4] S. Munawaroh and F. A. Sutanto. *Pengolah Citra Digital untuk Identifikasi Uang Kertas*. vol. 15, pp. 34-40, 2010.
- [5] M. P. Nugraha. *Pengembangan Aplikasi QR Code Generator dan QR Code Reader dari Data Berbentuk Image*. 2011.
- [6] O. K. Hardiyanti and S. Astuti. *Deteksi Tepi Berbasis Metode Sobel Untuk Segmentasi Citra Daun Tembakau*. pp. 1-11, 2015.
- [7] Kusmanto and A. N. Tompunu. *Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB*. 2011.
- [8] J. Surobramantyo, Harianto and I. Puspita. *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kematangan Buah Durian Menggunakan Sensor TGS 2620 dan Sensor TGS 2600 Berbasis Arduino*. vol. 5, p. 152, 2016.

- [9] S. Putra, M. Rivai and Suwito. *Sistem Sensor Kualitas Minyak Berdasarkan Pada Pengukuran Kapasitansi dan Panjang Berkas Pembiasan Cahaya*. POMITS, vol. 2, pp. 67-72, 2013.
- [10] Syahrul. *Karakteristik dan Pengontrolan Servo Motor*. vol. 8, pp. 143-150, 2011.
- [11] M. D. Atmadja, F. A. Soelistianto and H. M. Kristiana. *Analisis Perbandingan Susunan Rangkaian Pada Lampu LED Untuk Penerangan*. vol. 8, 2016.