

BAB IV PERANCANGAN

Bab 4 merupakan hasil dari rancangan-rancangan yang akan dikerjakan oleh peneliti untuk dapat membuat sistem yang akan dibuat, ini mencakup analisis sistem sebelumnya yaitu, spesifikasi kebutuhan yang digunakan adalah perangkat keras dan perangkat lunak, serta rancangan prototipe yang dikembangkan.

4.1 Analisis Sistem terdahulu

Pada sistem cerdas pemilah sampah daur ulang dijadikan pembanding dalam penelitian ini dari tinjauan video yang berjudul “ *Recycling Robots Using AI* “ oleh *Waste Robotics*. Dalam penelitian ini mendapatkan kekurangan mengenai hasil dari pengambilan objek sampah yang tidak dapat diangkat atau diambil oleh lengan robot. mempertimbangkan permasalahan tersebut maka perlu dikembangkan pembaruan mengenai membandingkan hasil pengambilan objek sampah.

4.2 Spesifikasi Kebutuhan Sistem Baru

Dalam merancang suatu sistem pada mikrokontroller, terdapat dua jenis spesifikasi alat yang dibutuhkan. Pertama, spesifikasi perangkat keras, dan kedua, spesifikasi perangkat lunak. Keduanya bertujuan agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan hasil yang diharapkan.

4.2.1 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras merupakan sebuah komponen yang secara fisik dapat dilihat langsung.

Tabel 4. 1 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Keras

| No | Nama Perangkat | Jumlah | Kebutuhan |
|----|----------------------------|--------|--|
| 1 | Arduino Uno R3 | 1 | Sebagai mikrokontroler utama untuk menjalankan komponen yang digunakan |
| 2 | Motor Servo Mg90s | 3 | Untuk menggerakkan lengan robot |
| 3 | Robot Arm | 1 | Untuk mengambil objek sampah |
| 4 | PVC | 4 | Untuk membuat alat konveyor |
| 5 | Sambungan AS Shaft Coupler | 1 | Sebagai sambungan motor dc |
| 6 | Kulit Jok | 2 | Untuk alas pada konveyor |
| 7 | Motor DC | 1 | Untuk menggerakkan konveyor |
| 8 | Modul L298N | 1 | Untuk menggerakkan motor dc |

| | | | |
|---|-----------------|---|----------------------------|
| 9 | Adaptor 12 Volt | 1 | Untuk menggerakan konveyor |
|---|-----------------|---|----------------------------|

4.2.2 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak

Berikut adalah perangkat lunak yang digunakan oleh peneliti untuk membuat penelitian sistem tersebut berjalan dengan lancar.

Tabel 4. 2 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak

| No | Nama Perangkat | Kebutuhan |
|----|--------------------|---|
| 1 | Windows 11 | Sistem operasi yang digunakan. |
| 2 | Arduino IDE | Aplikasi yang digunakan untuk menuliskan kode program pada Arduino. |
| 3 | Visual Studio Code | Aplikasi yang digunakan untuk membuat kode program pada python. |

4.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah proses pembuatan desain yang mencakup berbagai langkah dalam pengolahan data untuk mendukung keberlangsungan suatu sistem.

Perancangan Pin

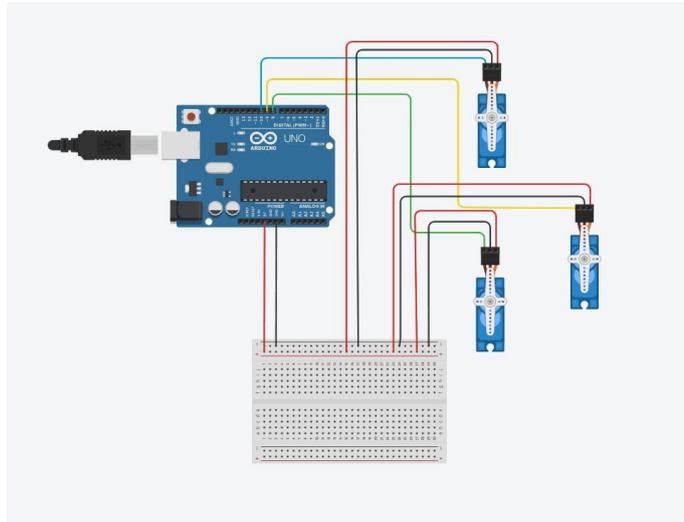
Berikut di bawah ini merupakan perancangan pin pada sistem yang telah dibuat.

Tabel 4. 3 Perancangan Pin

| Pin Arduino Uno | Kebutuhan |
|-----------------|-------------------|
| 9 | Pin Servo Base |
| 10 | Pin Servo Elbow |
| 11 | Pin Servo Gripper |

Tabel 4.3 di atas, merupakan beberapa pin untuk menghubungkan komponen yang digunakan ke Arduino Uno sesuai dengan keperluan sistem untuk mengendalikan lengan robot. Diperlukannya pengaturan pin tersebut yaitu berfungsi sebagai jalur komunikasi antara Arduino dengan lengan robot yang saling terhubung.

4.3.1 Skema Perancangan Elektronika

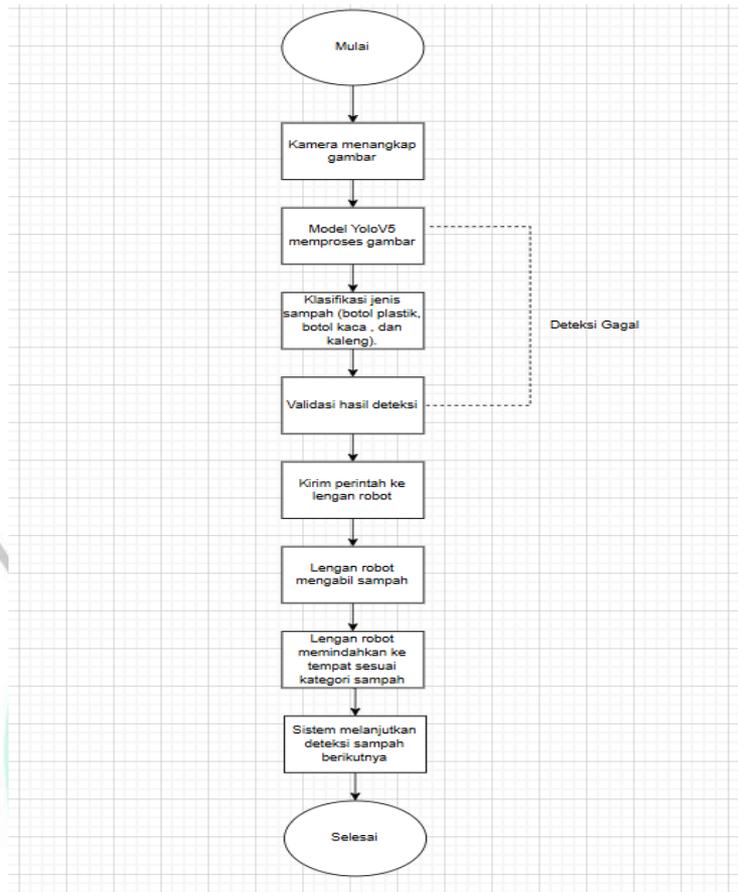


Gambar 4. 1 Skema Perancangan Elektronik

Gambar 4.1 di atas merupakan skema rancangan elektronika pada lengan robot. Rancangan ini menghubungkan Arduino Uno dengan Motor Servo yang ada pada lengan robot.

4.3.2 • Diagram Alir Sistem

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem cerdas yang mampu memilah sampah daur ulang berdasarkan klasifikasi objek dengan menggunakan YOLOv5 sebagai model deteksi dan lengan robot sebagai alat eksekusi pemindahan sampah. Desain penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama yang diilustrasikan sebagai berikut di bawah ini merupakan gambar diagram alir pada sistem.



Gambar 4. 2 Tahapan Proses Kerja

Gambar 4.2 di atas merupakan hasil dari tahapan proses kerja pada sistem yang telah dibangun.

(1). Mulai

Sistem diaktifkan, dan semua komponen seperti kamera, model YOLOv5, dan lengan robot disiapkan untuk memulai proses

(2). Kamera Menangkap Gambar

- Kamera mendeteksi lingkungan dan mengambil gambar sampah yang ada
- Gambar ini akan menjadi input untuk model YOLOv5

(3). Model YOLOv5 Memproses Gambar

- Model YOLOv5 melakukan deteksi objek pada gambar untuk mengidentifikasi jenis sampah, seperti botol plastik, botol kaca, dan kaleng.
- Deteksi ini menghasilkan bounding box dan label untuk setiap jenis sampah.

(4). Klasifikasi Jenis Sampah

Hasil deteksi YOLOv5 digunakan untuk menentukan kategori sampah. Informasi ini penting untuk menentukan lokasi pemindahan oleh lengan robot.

(5). Validasi Hasil Deteksi

Sistem memverifikasi apakah ada objek yang terdeteksi dengan benar:

- Jika deteksi berhasil: Sistem melanjutkan ke langkah berikutnya (mengirimkan perintah ke lengan robot).
- Jika deteksi gagal: Sistem kembali ke langkah model Yolov5 memproses gambar untuk mencoba mendeteksi ulang.

(6). Kirim Perintah ke Lengan Robot

Berdasarkan hasil klasifikasi, sistem mengirimkan perintah ke lengan robot (melalui Arduino) untuk mengambil sampah sesuai jenisnya.

(7). Lengan Robot Mengambil Sampah

Lengan robot bergerak ke posisi sampah dan menggunakan gripper untuk mengambil sampah sesuai dengan hasil klasifikasi.

(8). Lengan Robot Memindahkan ke Tempat Sesuai Kategori

Lengan robot memindahkan sampah ke tempat pembuangan yang sesuai (contohnya: wadah untuk botol plastik, botol kaca, dan kaleng).

(9). Sistem Melanjutkan Deteksi Sampah Berikutnya

- Sistem kembali ke langkah awal untuk menangani sampah berikutnya atau berakhir jika semua sampah sudah diproses.

(10). Selesai

Proses pemilahan sampah selesai jika semua objek sudah diproses.

4.3.3 Rancangan Fisik Sistem

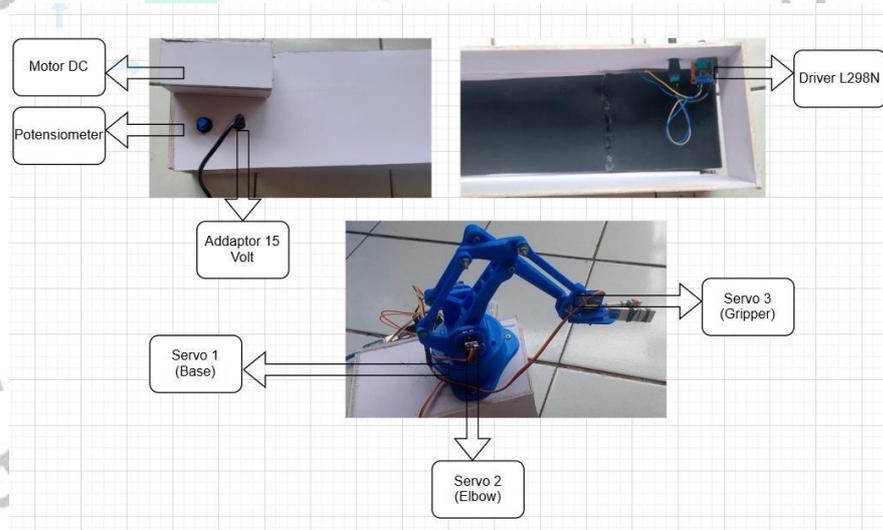
Rancangan fisik sistem cerdas pemilah sampah daur ulang dengan menggunakan lengan robot dibuat dirancang untuk menempatkan semua komponen utama dalam sistem ini secara optimal.



Gambar 4. 3 Rancangan Fisik Sistem

Gambar 4.3 di atas merupakan sebuah rancangan fisik atas yang menunjukkan bagian dari suatu perangkat elektronik yang dilengkapi dengan komponen utama yaitu, Arduino Uno, Motor Servo, dan Motor DC.

4.3.4 Perancangan Seluruh Komponen



Gambar 4. 4 Rancangan Seluruh Komponen

Gambar 4.4 di atas merupakan sebuah rancangan seluruh komponen yang digunakan oleh lengan robot dan konveyor. Komponen yang digunakan pada alat ini adalah Arduino Uno sebagai mikrokontroler, Motor Servo yang digunakan untuk mengendalikan gerak lengan robot, Motor DC yang digunakan untuk menjalankan konveyor, Potensiometer yang digunakan untuk mengatur kecepatan gerak konveyor, dan Addaptor 15 Volt yang digunakan sebagai daya untuk mengaktifkan konveyor. Pada komponen tersebut digunakan atau dihubungkan guna untuk membentuk sebuah alat sistem cerdas pemilah sampah dengan menggunakan lengan robot sebagai alat untuk mensortir objek. Dengan Arduino Uno sebagai otak

utama atau pengendali utama yang menerima input dari hasil deteksi Yolo dan mengirimkan perintah pada Servo untuk mengambil objek yang sudah terdeteksi oleh Yolo dan dipindahkan sesuai dengan tempatnya.

4.3.5 Pengumpulan Dataset

Pengumpulan dataset merupakan sebuah tahap yang dilakukan oleh peneliti dalam memproses pembuatan sistem cerdas pemilah sampah daur ulang berbasis klasifikasi dan lengan robot. Pengumpulan dataset merupakan langkah penting yang dilakukan peneliti dalam pengembangan sistem cerdas pemilah sampah daur ulang. Dalam penelitian ini, dataset yang digunakan terdiri dari gambar-gambar yang diperoleh dari beberapa jenis sampah yang diklasifikasi ke dalam kategori sampah botol plastik, sampah botol kaca, dan kaleng. Gambar-gambar tersebut diambil menggunakan perangkat *smartphone* pribadi peneliti dengan total dataset awal sebanyak 143 gambar. Setelah melalui proses augmentasi, total dataset bertambah menjadi 365 gambar yang siap digunakan untuk melatih model dan mengintegrasikannya dengan lengan robot pemilah sampah.

Tabel 4. 4 Pengumpulan dataset

| No | Gambar | Keterangan |
|----|--|--|
| 1 |  | Contoh gambar yang akan dianotasi dengan label (Kaleng). |

2



Contoh gambar yang akan dianotasikan dengan label (Botol Kaca).

3



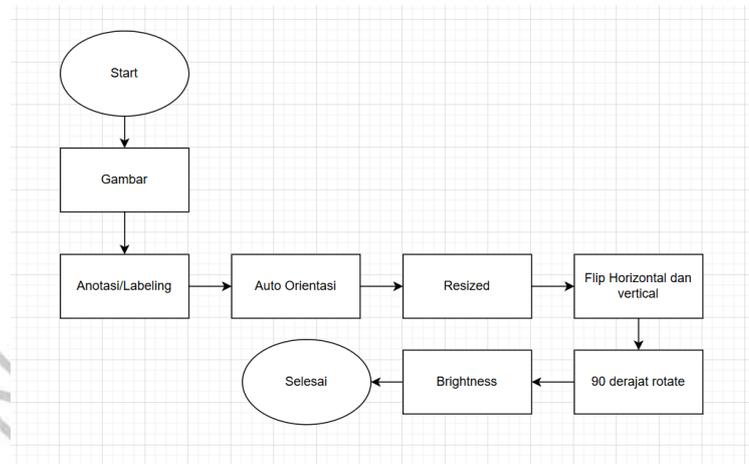
Contoh gambar yang akan dianotasikan dengan label (Botol Plastik).

Tabel 4.4 di atas merupakan contoh gambar yang akan dianotasikan dengan label botol plastik, botol kaca, dan kaleng. Seluruh gambar yang dikumpulkan oleh peneliti akan dijadikan dataset yang akan diproses pada tahap selanjutnya yaitu, pra-pemrosesan dan augmentasi gambar dengan menggunakan platform roboflow.

4.3.6 Pre-processing dan Augmentasi

Pre-processing dan augmentasi akan memiliki beberapa proses yang akan dilakukan oleh peneliti untuk memperluas variasi pada dataset dengan menggunakan proses augmentasi pada gambar. Augmentasi merupakan metode yang digunakan untuk memodifikasi dan mengubah dataset yang telah dikumpulkan, sehingga menjadi lebih beragam. Proses ini dilakukan dengan berbagai pendekatan untuk mempersiapkan gambar sebelum melanjutkan ke tahap

berikutnya. Tahapan ini memiliki peran penting dalam menjamin akurasi dan kualitas hasil penelitian. Berikut merupakan penjelasan detail di bawah ini.



Gambar 4. 5 Alur Pre-Processing dan Augmentasi

Gambar 4.5 menunjukkan alur pre-processing dan augmentasi yang diterapkan oleh peneliti untuk meningkatkan variasi dataset sebelum dibagi menjadi data pelatihan dan pengujian. Proses dimulai dengan tahap anotasi atau pelabelan, kemudian dilanjutkan dengan auto orientasi, resize, flip horizontal dan vertical, rotasi 90 derajat, serta penyesuaian tingkat kecerahan (*brightness*). Berikut penjelasan rinci dari setiap langkah pada alur yang telah diuraikan sebagai berikut.

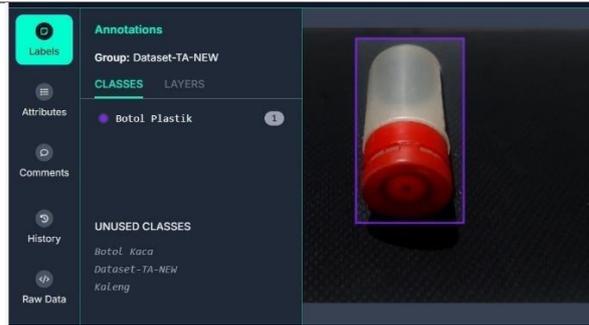
1. Anotasi/Labelling

Proses ini merupakan langkah penting dalam mempersiapkan dataset sebelum pengembangan model sistem cerdas pemilah sampah daur ulang. Anotasi dilakukan secara manual oleh peneliti dengan menggunakan platform Roboflow sebanyak 227 gambar yang telah dikumpulkan. Proses ini mencakup penandaan objek dengan kotak pembatas dan pemberian label sesuai dengan kategori, yang bertujuan untuk menghasilkan dataset yang teranotasi dengan baik. Roboflow menyediakan antar muka yang efisien untuk membantu peneliti mengelola dan menganotasi dataset dengan cepat, mendukung pelatihan model pada tugas seperti klasifikasi gambar dan deteksi objek.

Tabel 4. 5 Anotasi/Labeling

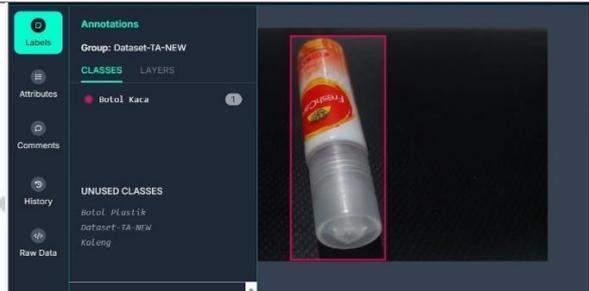
| No. | Gambar | Keterangan |
|-----|--------|------------|
|-----|--------|------------|

1.



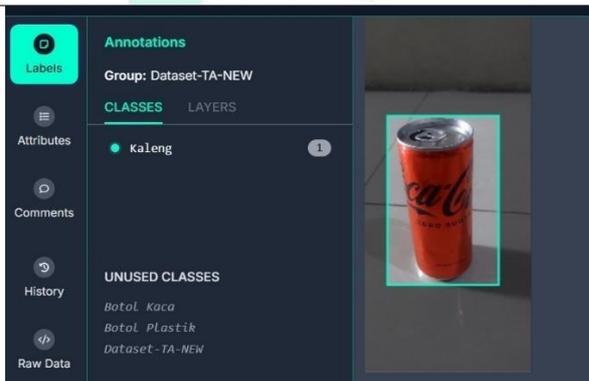
Contoh gambar yang telah dianotasikan dengan label (Botol Plastik).

2.



Contoh gambar yang telah dianotasikan dengan label (Botol Kaca).

3.



Contoh gambar yang telah dianotasikan dengan label (Kaleng).

Tabel 4.6 di atas merupakan contoh gambar pada saat proses anotasi dilaksanakan. Pada baris pertama merupakan contoh dari gambar botol plastik dan dianotasikan dengan label botol plastik, pada gambar kedua merupakan contoh botol kaca yang dianotasikan dengan label botol kaca, dan baris ketiga merupakan kaleng yang dianotasikan dengan label kaleng.

2. Auto Oreintasi

Auto orientasi berfungsi untuk menyesuaikan oreintasu pada gambar secara otomatis agar seragam sesuai dengan arah yang diinginkan. Fitur ini memperbaiki masalah orientasi yang mungkin terjadi akibat dari pengambilan gambar dari berbagai perangkat atau sudut pandang, seperti gambar yang terbalik atau miring. Auto orientasi bertujuan untuk, konsistensi data, meningkatkan akurasi model objek, mempermudah proses pengolahan data, dan memastikan kualitas dataset.

3. Resized

Resized merupakan proses mengubah ukuran gambar sesuai dengan dimensi yang diinginkan atau dibutuhkan oleh model. Fungsi utama pada resize adalah untuk menstandarisasi ukuran gambar dalam dataset, memastikan bahwa semua gambar memiliki resolusi yang konsisten dan dapat diproses dengan cara yang sama oleh model.

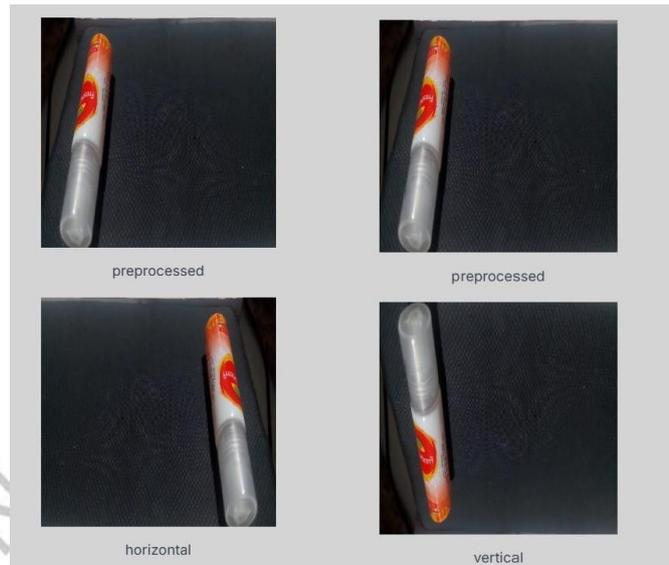


Gambar 4. 6 Resized

Gambar 4.6 di atas merupakan hasil dari salah satu contoh gambar sebelum dan sesudah diresize dengan ukuran 640x640 untuk menjaga konsistensi dan kesesuaian dengan arsitektur serta parameter yang telah ditetapkan untuk model Yolov5.

4. Flip Horizontal dan vertical

Flip horizontal dan vertical adalah teknik augmentasi yang membalikan gambar secara horizontal (kiri-kanan) atau vertical (atas-bawah). Fungsi utamanya adalah untuk menciptakan variasi dalam dataset dengan menghasilkan gambar-gambar baru yang berbeda dari yang asli, meningkatkan keragaman data pelatihan.



Gambar 4. 7 Flip Horizontal dan Vertical

Gambar 4.7 di atas merupakan hasil dari flip horizontal dan vertical dengan menggunakan teknik augmentasi. Tujuan dari flip horizontal dan vertical ialah untuk meningkatkan keragaman dataset, memperbaiki generalisasi pada model, meningkatkan kinerja pada data yang berbeda, dan efisiensi dalam penggunaan data.

5. 90 derajat rotasi

Rotasi 90 derajat adalah teknik augmentasi gambar yang memutas gambar sebesar 90 derajat dalam arah tertentu (searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam). Fungsi utamanya adalah untuk memperkenalkan variasi dalam dataset dengan mengubah sudut pandang gambar, memungkinkan model mengenai objek dari berbagai orientasi.

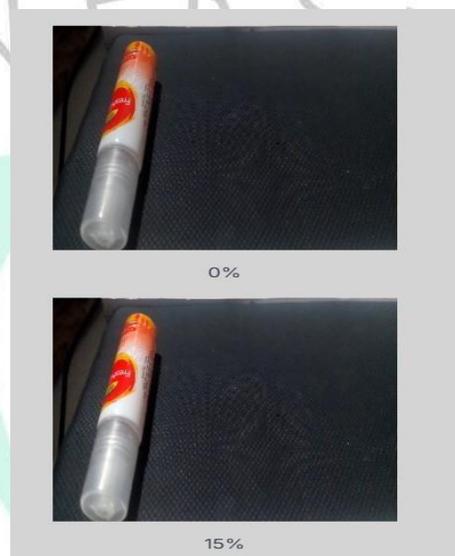


Gambar 4. 8 Rotasi 90 derajat

Gambar 4.8 di atas merupakan contoh gambar botol kaca yang sudah dianotasikan dan diaugmentasikan dengan Teknik rotasi 90 derajat searah jarum jam, berlawanan arah jarum jam dan rotasi atas bawah (terbalik). Tujuan dari dilakukannya rotasi 90 derajat ialah untuk menambahkan variasi gambar, meningkatkan kemampuan generalisasi model menyesuaikan dengan variasi dunia nyata dan mengurangi bias arah pada label.

6. Brightness

Brightness merupakan sebuah teknik augmentasi yang digunakan untuk menyesuaikan tingkat kecerahan pada gambar dataset. Dengan meningkatkan atau mengurangi kecerahan pada gambar, teknik ini memungkinkan variasi dalam pencahayaan yang berbeda dalam dunia nyata.



Gambar 4. 9 Brightness

Gambar 4.9 di atas merupakan salah satu contoh pada dataset yang sudah dianotasikan dengan label botol kaca dan sudah diaugmentasikan dengan teknik brightness sebesar 15%. Brightness bertujuan untuk menangani variasi pada pencahayaan, meningkatkan kualitas generalisasi model, memperbaiki akurasi, dan memperluas keragaman pada dataset.

4.3.7 Generate Data

Tahapan ini akan membagi dataset yang sudah diproses melalui tahap pre-processing dan augmentasi. Setelah berbagai metode augmentasi diterapkan, jumlah gambar yang terkumpul mencapai 365 data. Selanjutnya, dataset ini akan dibagi menjadi tiga jenis data yaitu, data pelatihan (training), data validasi (valid), dan data pengujian (test). Berikut di bawah ini merupakan detail dari penjelasannya.

1. Data Pelatihan (Training Data)

Data pelatihan digunakan untuk melatih model. Pada tahap ini, model belajar untuk mengenali pola dan fitur yang ada dalam dataset. Data pelatihan

umumnya mencakup sebagian besar dataset dengan total 91% dari total data yang tersedia atau sebanyak 617 data. Model akan memproses data ini untuk menyesuaikan parameter-parameter yang dibutuhkan.

2. Data Validasi (Data Validasi)

Data validasi digunakan untuk mengevaluasi kinerja model selama proses pelatihan. Tujuannya untuk mengatur dan memilih model terbaik dengan memonitor performa model yang dihasilkan dari data pelatihan. Data validasi mencakup 5% dari total dataset atau sebanyak 19 data dan tidak digunakan dalam proses pelatihan, hanya untuk evaluasi.

3. Data Pengujian (Test Data)

Data pengujian digunakan setelah model selesai dilatih untuk mengevaluasi performa model yang telah dibuat. Data ini berfungsi untuk mengukur kemampuan model dalam menggeneralisasi atau mengenali data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Biasanya, data pengujian mencakup 4% dari total dataset atau sebanyak 13 data dan tidak digunakan sama sekali selama proses pelatihan dan validasi.

4.3.8 Perancangan Pengujian

Pada perancangan pengujian harus dilakukan tahap pengujian alat yang dibuat dapat dipastikan hasilnya akan sesuai atau tidak dengan rancangan sebelumnya. Pada pengujian ini, peneliti menggunakan pengujian Kotak Hitam

4.3.9 Perancangan Kotak Hitam

Tabel 4. 6 Perancangan Kotak Hitam

| Tahap ke | Aktivitas | Hasil yang diharapkan |
|----------|--|-----------------------|
| 1 | Addaptor disambungkan pada colokan | Berjalan dengan baik |
| 2 | Potensiometer digunakan untuk menggerakkan atau mengatur kecepatan motor dc. | Berjalan dengan baik |
| 3 | Motor dc bergerak dengan lancar. | Berjalan dengan baik |
| 4 | Motor Servo (Base) bergerak dengan lancar. | Berjalan dengan baik |
| 5 | Motor Servo (Elbow) bergerak dengan lancar. | Berjalan dengan baik |
| 6 | Motor Servo (Gripper) bergerak dengan lancar. | Berjalan dengan baik |
| 7 | Lengan robot dapat bergerak lancar. | Berjalan dengan baik |
| 8 | Konveyor dapat berjalan dengan lancar. | Berjalan dengan baik |
| 9 | Program mengklasifikasikan botol plastik | Berjalan dengan baik |
| 10 | Program mengklasifikasikan botol kaca | Berjalan dengan baik |
| 11 | Program mengklasifikasikan kaleng | Berjalan dengan baik |
| 12 | Lengan robot mengambil botol plastik | Berjalan dengan baik |
| 13 | Lengan robot mengambil botol kaca | Berjalan dengan baik |

| | | |
|----|---|----------------------|
| 14 | Lengan robot mengambil kaleng | Berjalan dengan baik |
| 15 | Lengan robot menempatkan botol plastik ke kontainer 1 | Berjalan dengan baik |
| 16 | Lengan robot menempatkan botol kaca ke kontainer 2 | Berjalan dengan baik |
| 17 | Lengan robot menempatkan kaleng ke kontainer 3 | Berjalan dengan baik |

